

10679278 AG

February 13, 1997 9:16am Page 1

03124811

ALIGNMENT DEVICE AND SOR-X RAY EXPOSURE DEVICE PROVIDED WITH SAME

PUB. NO.: 02-100311 [JP 2100311 A]

PUBLISHED: April 12, 1990 (19900412)

INVENTOR(s): UZAWA SHUNICHI

KARIYA TAKUO

HIGOMURA MAKOTO

MIZUSAWA NOBUTOSHI

EBINUMA RYUICHI

UDA KOJI

OZAWA KUNITAKA

AMAMIYA MITSUAKI

SAKAMOTO EIJI

ABE NAOTO

SAITO KENJI

APPLICANT(s): CANON INC [000100] (A Japanese Company or Corporation), JP
(Japan)

APPL. NO.: 63-252991 [JP 88252991]

FILED: October 06, 1988 (19881006)

INTL CLASS: [5] H01L-021/027; G21K-001/06; G21K-005/02; H05H-013/04

JAPIO CLASS: 42.2 (ELECTRONICS -- Solid State Components); 23.1 (ATOMIC
POWER -- General)

JAPIO KEYWORD: R002 (LASERS); R115 (X-RAY APPLICATIONS)

JOURNAL: Section: E, Section No. 947, Vol. 14, No. 308, Pg. 116, July
03, 1990 (19900703)

ABSTRACT

PURPOSE: To reduce influence of a particle and contamination by adopting a vertical-type transfer mechanism and a vertical-type exposure stage corresponding to an SOR-X-ray light source and by adopting the transfer of a mask and a wafer within a complete sealed environment.

CONSTITUTION: A stage device 1301 maintains a wafer vertically for light axis of SOR(Synchrotron Orbital Radiation) light, has a positioning resolution which is equal to or less than 0.01.mu.m, and moves the wafer three-dimensionally. In this case, an exposure unit is covered with a main chamber which is filled with a highly pure helium with a purity of approximately 99.99% or more inside. Then, the stage device 1301 for retaining the mask 2 and the wafer 3, a wafer supply/collection device 1303 for supplying or collecting the wafer, a mask transfer device 1311 for transferring the mask between a mask cassette 1310 and the mask stage are housed within that environment. It secures a high accuracy and neither generate garbage nor generate waste time.

公開特許公報（A） 平2-100311

④Int.Cl.⁹
H 01 L 21/027

識別記号 庁内整理 号

②公開 平成2年(1990)4月12日

7376-5F H 01 L 21/30

331 J

A*

審査請求 未請求 請求項の数 17 (全94頁)

③発明の名称 アライメント装置並びにこれを有するSOR-X線露光装置

④特許 昭63-252991

⑤出願 昭63(1988)10月6日

⑥発明者	鶴澤 俊一	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	キヤノン株式会社内
⑦発明者	刈谷 卓夫	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	キヤノン株式会社内
⑧発明者	肥後村 誠	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	キヤノン株式会社内
⑨発明者	水澤伸俊	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	キヤノン株式会社内
⑩発明者	海老沼 隆一	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	キヤノン株式会社内
⑪発明者	宇田季二	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	キヤノン株式会社内
⑫発明者	小澤邦貴	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	キヤノン株式会社内
⑬発明者	雨宮光陽	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	キヤノン株式会社内
⑭出願人	キヤノン株式会社	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	キヤノン株式会社内
⑮代理人	弁理士 丸島儀一	東京都大田区下丸子3丁目30番2号	キヤノン株式会社内

最終頁に続く

明細書

1. 発明の名称

アライメント装置並びにこれを有するSOR-X線露光装置

2. 特許請求の範囲

(1)軌道放射光内のX線を利用するX線露光装置であって、

a)ミラーユニットと、前記ミラーユニットからのX線でマスクを介してウエハを露光する露光ユニットを有する；

b)前記ミラーユニットは、所望の方向にX線を拡大するためのX線ミラーと、前記X線ミラーの周囲を所望の真空空間とするための第1チャンバーと、前記X線ミラーを支持するための第1支持手段を有する；

c)前記露光ユニットは、露光を制御するためのシャッターと、前記マスクを保持するためのマスクステージと、前記ウエハを保持するためのウエハステージと、前記マスクステージと前記ウエハステージの周囲を所望のヘリウム雰囲気

とするための第2チャンバーと、前記マスクステージと前記ウエハステージが取付けられるフレーム構造体と、前記フレーム構造体を支持する第2支持手段を有する；

ことを特徴とするX線露光装置。

(2)前記第1支持手段は前記X線ミラーを前記第1チャンバーに対して独立に支持していることを特徴とする特許請求の範囲第(1)項記載のX線露光装置。

(3)前記第2支持手段は、前記ミラーユニットからのX線に対して、前記フレーム構造体の姿勢を調整するためのアクチュエーターを有することを特徴とする特許請求の範囲第(1)項記載のX線露光装置。

(4)前記シャッターは、前記第2チャンバーによってその周囲が所望のヘリウム雰囲気とされることを特徴とする特許請求の範囲第(1)項記載のX線露光装置。

(5)前記第1並びに第2チャンバー間のビームダクトを第3支持手段で支持することを特徴とする

許請求の範囲第(1)項記載のX線露光装置。
 (6) 軌道放射光内のX線を利用するX線露光装置であって、
 a) ミラーユニットと、前記ミラーユニットからのX線でマスクを介してウェハを露光する露光ユニットを有する；
 b) 前記ミラーユニットは、マスクのバターン領域全体にX線が照射されるように、X線を所望の方向に拡大する；
 c) 前記露光ユニットは、前記ミラーユニットからのX線による露光を制御するためのシャッターと、前記マスクを保持するためのマスクステージと、前記ウェハを保持するためのウェハステージと、前記マスクステージと前記ウェハステージの周囲を所望のヘリウム雰囲気とするためのチャンバーを有する；
 ことを特徴とするX線露光装置。

(7) 前記露光ユニットは、前記マスク上のマークと前記ウェハ上のマークのXY面における位置関係を検出するための第1検出器と、前記ウェハステージは前記検出器が検出した6方向のずれを補正するために移動し、前記ウェハステージは前記検出器が検出したX、Y方向のずれを補正するために移動することを特徴とする特許請求の範囲第(10)項記載のX線露光装置。

(12) 前記露光ユニットは、前記ウェハステージの移動位置を検出するための、レーダー干渉計を用いて構成された検出器を有し、この検出器のレーダヘッドとレシーバは前記チャンバーの外部に前記フレーム構造体によって支持されていることを特徴とする特許請求の範囲第(8)項記載のX線露光装置。

X線による露光を制御するX線露光装置であって、

a) マスクのバターン領域全体にX線が照射されるようにX線を所望の方向に拡大するミラーユニットと；
 b) 前記ミラーユニットからのX線によるマスクを介したウェハの露光を制御するためのシャッターと、前記マスクを保持するためのマスクス

テージの移動位置を検出するための、レーダー干渉計を用いて構成された第2検出器を有することを特徴とする特許請求の範囲第(6)項記載のX線露光装置。

(8) 前記第1検出器はZ方向における前記マスクと前記ウェハの位置関係も検出することを特徴とする特許請求の範囲第(7)項記載のX線露光装置。

(9) 前記マスクステージと前記ウェハステージは、同一のフレーム構造体に取付けられていることを特徴とする特許請求の範囲第(6)項記載のX線露光装置。

(10) 前記マスクステージはθ(θwz)方向のみに可動軸を有し、前記ウェハステージはX、Y、Z、θ、θz、θyの各方向に可動軸を有することを特徴とする特許請求の範囲第(9)項記載のX線露光装置。

(11) 前記露光ユニットは、前記マスク上のマークと前記ウェハ上のマークのXY面における位置関係を検出するための検出器を有し、前記マスクス

テージと、前記ウェハを保持するためのウェハステージと；
 c) 照射領域におけるX線の照度を計測するX線照度計と前記照射領域における各点の照度を計測するX線デテクターからの出力を処理し、前記X線照度計の出力を基準として前記X線デテクターの各点ごとの出力を補正することにより、前記照射領域の照度分布を検出手段と；

d) 前記シャッターの動作を前記検出手段が検出した照度分布に応じて制御するシャッター制御手段と；
 有することを特徴とするX線露光装置。

(14) 前記X線照度計は前記シャッターよりも前記ミラーユニット側に設けられ、前記X線デテクターは前記ウェハステージ上に設けられていることを特徴とする特許請求の範囲第(13)項記載のX線露光装置。

(15) 前記X線照度計はX線の通路に対して可動に設けられたいることを特徴とする特許請求の範囲

第(16)項記載のX線露光装置。

(16) マスクとウエハを所定の位置関係にアライメントし、X線を用いてマスクのパターンをウエハ上に転写するX線アライナーであって、

a) マスクのパターン領域全体にX線が照射されるようにX線を所望の方向に拡大するミラーユニットと；

b) 前記ミラーユニットからのX線によるマスクを介したウエハの露光を制御するためのシャッターと、マスクを保持するためのマスクステージと、ウエハを保持するためのウエハステージと、前記マスクステージに保持されているマスク上のマークと前記ウエハステージ上の基板マークのXY面における位置関係を検出するための検出器を有する露光ユニットと；

c) 前記検出器の出力に基づいて前記マスクステージに保持されているマスクのθ方向の傾きを測定する測定手段を；

有することを特徴とするX線アライナー。

(17) 前記検出器は、前記マスクステージに保持さ

れることを特徴とするX線アライナー。

微細化リソグラフ技術の一つとして注目されてきた。しかしながら、従来では、小型で、高強度のX線源が存在しなかったため、このようなX線リソグラフ技術を利用した半導体電子製造用のX線露光装置を、半導体製造工場に導入することは困難であった。また、従来では、スループット等の量産性に対する要求にも答えられないのが現状であった。

ところが、近年になって、高強度なX線を発生する、常伝導あるいは超伝導磁石を用いた超小型のSOR (Synchrotron Orbital Radiation) リングが開発される状況になり、光源は主要な問題らなくなってきた。

一般に、X線露光装置は、第2図に示すように、所調プロキシミティ露光方式によってパターンの焼付けを行なう。マスク2は、X線透過率の高い数ミクロンの厚さの基板201と、この上にX線吸収率の高い材料によって焼写すべきパターン状に形成された吸収体202と、基板201を支持する支持棒203とから構成されている。こ

れでいるマスク上のマークと前記ウエハステージに保持されているウエハ上のマークのXY面における位置関係を検出するものであることを特徴とする特許請求の範囲第(16)項記載のX線アライナー。

3. 発明の詳細な説明

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体電子製造用パターンを有するマスクと半導体ウエハを所定の位置関係にアライメントするアライメント装置、特に、マスクと半導体ウエハをアライメントした後、軌道放射光(SOR-X線)を利用して、マスク上の半導体電子製造用パターンを半導体ウエハ上のレジストに焼付ける半導体電子製造用のSOR-X線露光装置に関する。

【従来の技術】

X線を利用した半導体電子製造用のリソグラフ技術は、1972年にSpearsとSmithによって“Electron Lett. Vol.8, No.4: p102, 1972”に発表されてから、半導体電子の高集成化を実現するための

マスク2を被加工物であるウエハ3に、正確に且つ安定的に、決められたギャップ距離(約数十ミクロン)で対向させ、マスク2を介してX線1を半導体ウエハ3上に照射し、吸収体202によるパターンをウエハ3上に焼布されているレジスト5に焼付け、転写する。

転写プロセスに関しては、第3図(a)に示されるスキャン露光方式、第3図(b)に示されるスキャンミラー露光方式、第3図(c)に示される一括露光方式が提案されている。スキャン露光方式は“J.Vac.Sci.Technol.B1(4)1984, P1271”で、また、一括露光方式は“IBM Research Report RC 8220, 1988”で提案されている。

第3図(a)に示されるスキャン露光方式は、マスク2とウエハ3を所定の位置関係にアライメントした後、SOR光源4から発生しているシートビーム状のX線1にたいして、マスク2とウエハ3を一体的に回転矢印方向に移動させ、マスク2上のパターンをウエハ3上の所定領域に転写する。

第3図(b)に示されるスキャンミラー露光方式は、マスク2とウエハ3を所定の位置関係にアライメントした後、SOR光源4とマスク2の間に配置されたミラー301を、図示矢印方向に移動させることにより、露光範囲(転写すべきマスクパターンの全域)をSOR光源4からのX線1で走査し、パターン転写を行なう。

第3図(c)に示される一括露光方式は、SOR光源4とマスク2の間に、反射面が凸状に加工されたミラー302を配置し、このミラー302によってSOR光源4からのX線1を見数せることにより、X線1を露光範囲全体に同時に照射する。これにより、マスク2のパターンは、アライメント後、ウエハ3に転写される。

また、X線露光装置において、マスク2とウエハ3を所定の密閉雰囲気内に配置して露光を行なうことは、例えば、E.Splillerが“J.Applied Physics, Vol.47, No.12, p5450”で提案している。

これでは、温度の観点からHeガス雰囲気中に、マスク2とウエハ3を配置している。更に、本圖

る。各チャンバの間には、各チャンバ内の雰囲気を独立に維持するために仕切弁(第4図(d))では、照射チャンバ405とメインチャバ401との間の仕切弁409のみを示している)が設けられている。

また、SOR-X線露光装置は、例えば“Proceeding of SPIE, Vol.448, 1983, p104”で提案されている。この装置の概要を第5図に示す。この装置は搬送方向に移動自在な所謂複形ステージを有し、このステージでマスク2とウエハ3を支持した状態で、X線1による露光を行なっている。

【発明が解決しようとしている問題点】

、半導体素子の集成度の目安とされるダイナミクランダムアクセスメモリ(以下、DRAMと記載する)を例に取ると、64メガビットのDRAMでは0.3~0.4μm(以下、ミクロンと記載)の細幅、100メガビット以上のDRAMでは0.25ミクロンの細幅のパターン焼付を可能にする露光装置が必要になる。

しかしながら、0.25ミクロン以下の繊細な

発明者の一部は、先に特開昭60-178627号公報で、又縮管によるX線露光装置において、ステージ装置、マスク・ウエハ搬送装置、アライメント装置等のそれぞれを、複数の密閉雰囲気内に配置することを提案している。

以下、第4図(a), (b)を用いて、前述の特開昭60-178627号公報に示されている装置の概要を説明する。この装置において、ウエハは、ウエハロードカセット取納チャンバ402の中に、カセットに挿入された状態で設置される。露光されたウエハは、ウエハアンロードカセット取納チャンバ403内のカセットに収納される。転写すべきパターンが形成されているマスクは、カセットに挿入された状態で、マスクカセット取納チャンバ404内に設置される。

マスク及びウエハは、メインチャバ401内で、第4図(d)に示される電子ビーム装置411によって相互にアライメントされた後、一体的に支持された状態で照射チャンバ405内に移動され、X線管410を光源とした露光が行なわれる。

パターン焼付を可能とする露光装置は、未だ実現されていないのが現状である。このような繊細なパターン焼付けを可能にする露光装置を実現するためには、(1)マスク及びウエハを安定的に維持するための環境制御技術、(2)ゴミ等のコンクリーションを排除するための清潔技術、(3)パターン転写範囲を均一に露光するX線露光技術、(4)1/100ミクロン台の精度と1/1000ミクロン台の分解能を達成するアライメント技術、等の各技術を確立する必要がある。

本発明の目的は、64メガビットないしはそれ以上の集成度を有する半導体素子の製造プロセスで使用され、そのプロセスの要となる半導体素子製造用の露光装置を提供することにある。

本発明の他の目的は、SOR光源からのX線を使用して、マスク上に形成されている繊細なパターンを半導体ウエハ上のレジストに焼付けることを可能にするSOR-X線露光装置を提供することにある。

本発明の更に他の目的は、上述の(1)~(4)の

技術を確立し、SOR-X線露光装置に活用することにある。

【問題点を解決するための手段及びに作用】

上述のように、0.25ミクロン程度のパターン幅を有する半導体素子の製造を実現するためには、露光装置に要求される精度は非常に高い。半導体露光装置に要求される精度の代表的な項目である重ね合わせ精度の要因と、その標準的な取り扱いを第1表に示す。

(以 下 略)



第1表 (単位: ミクロン)

項目	要求精度
マスク製造誤差	0.025
ウエハプロセス誤差	0.025
ステージ精度	0.025
アライメント精度	0.025
光学系精度	0.025
その他露光装置内誤差	0.025
重ね合わせ精度	0.06

その他の露光装置内誤差には、マスクとウエハの熱による誤差が含まれる。第1表からも明らかのように、露光装置内で許されるマスクとウエハの誤差、特に露光中に許される誤差は、高々0.01ミクロンである。

次に、第6図(a), (b)を用いて代表的なSOR光源4の性質を説明する。第6図(a)において

て、SOR光源4は電子の軌道で象徴的に示されている。このSOR光源4から、相対論的な速度まで加速された電子の制動輻射によって、発生するX線1の強度プロファイル（以下、X線強度プロファイル）は、鉛直方向Vには高々数ミリラジアンの発散角を持ったガウス間数状の、また、水平方向Hには電子の軌道を見込む長さに応じた略均一な強度の台形状のものとなっている。このX線強度プロファイルは、例えば第15図に示されるX線ディテクタ1551によって、露光時にマスクヒュエハが存在する露光領域で測定したものである。

3. SOR-X線リソグラフに用いる波長は例えば5~15オングストロームの波長域である。また、上述の様に相対論的な速度まで加速された電子のエネルギーは略0.5~1.0ギガエレクトロンボルト(GeV)である。第6図(b)に、SOR光源4とマスクの間に、X線反射ミラーとベリリウム(Be)窓を配置してX線露光装置を構成した場合の、露光ビームバスの各点。

即ち、SOR光源4側から順に、ミラー入射直前、ミラー入射直後、Be窓表面、マスク表面、レジスト表面におけるSORの各波長ごとの分光強度特性を示す。この図から、SOR-X線リソグラフには5~15オングストロームの波長域を使用するのが適していることが理解できる。同様に、SORは連続スペクトルを持つことも理解できる。

第7図(a)にマスクの基板201の材料に無機材料を用いた例を、また第7図(b)に有機フィルム材料を用いた例を示す。第7図(a)の例では、支持棒203に接着された基板201はシリコンウエハで構成され、収容体パターンが形成されるパターン部701に例えば重化シリコンが樹脂状に堆積される。もしくは、シリコンウエハがエッチングによって露出化される。この場合、パターン部701での基板の厚さは略2ミクロン程度である。また、第7図(b)の例では、2~10ミクロンの有機フィルムが支持棒203に接着される。有機フィルムには例えばポリイミドフィルム

が使用される。

第2図で概念的に示したプロキシミティ露光方式では、露光時、マスクヒューハの間の距離（以下、プロキシミティーギャップと記載する）は、通常10～50ミクロン程度に設定される。この方式において、マスクヒューハの間の露露気をそれぞれ真空、空気、ヘリウム（He）とした際の、第7図(a)の重化シリコンマスクと第7図(b)のポリイミドマスクの温度上昇の程度を第2表に示す。

第2表（単位：度）

露露気 種類	重化シリ コンマスク	ポリイミ ドマスク
真空	~60	~60
空気	1.17	1.18
He	0.343	0.351

この表では、マスク面上でのX線強度を120

マンミラー露光方式）の違いを説明する。第8図(a)はパターン部701全体にX線1が同時に照射される一括露光方式を示す。第8図(b)はこの方式によって生じるマスクの亞の様子を示す。第9図(a)はシートビーム状のX線1がパターン部701を順に走査するスキャン露光方式を示す。第9図(b)はこの方式によって生じるマスクの亞の様子を示す。ところで、SORから発生するX線は、射出方向の広がりが非常に小さいから、例えば露光位置をSOR発光点から10メートルの距離に設定しても、X線強度プロフィールの半値幅は僅10ミリメートル程度にしかならず。従

スキャン露光方式（スキャンミラー露光方式も同様）では、露光時間を一括露光方式と同じにするためには、マスクに照射するX線の強度を一括露光方式に比べて数倍にしなければならない。これはマスクの亞を大きくする。

第3表に一括露光方式とスキャンミラー露光方式の上昇温度とマスクの最大亞の比較表を示す。この表では、ウェハチャック1807（第19図

～W/cm²とし、真空露露気での照射率を0.5としている。現在検討されているレジスト材料の露露率が、一位平方センチメートル当たり露露十ミリカルから百ミリカルであり、マスク基板材のX線透過率が略50%程度であることを考慮すると、上記の設定は妥当な値である。

この表からも明らかに、マスクの熱亞を防止するためには、マスクヒューハの間をHe露露気とするのが良い。従って、本発明では、マスクヒューハをHe露露気チャンバー内に位置させた状態で、両者のアライメント並びに露光を行なう様にしている。また、マスクヒューハをチャンバー内に配置することにより、ゴミ等のコンタミネーションの問題も解決可能にしている。更に、本発明は、このような場合にも、真空中と同様にX線透過率が安定するように、チャンバー内の熱伝導体としての気体の温度、圧力、純度を高精度に管理している。

次に、第8図(a)、(b)と第9図(a)、(b)を用いて、一括露光方式とスキャン露光方式（スキ

参考）をアルミナ（Al₂O₃ : 0.5mm厚）とし、その露露温度を一定として比較した。また、スキャンミラー露光方式に関しては、ミラーの運動の周波数をパラメータとした。

第3表（単位：度、ミクロン）

露光方式	重化シリ コンマスク		ポリイミ ドマスク	
	温 度	最大亚	温 度	最大亚
X線1/3				
0.5Hz	1.34	0.016	1.40	0.094
8Hz	1.22	0.015	1.22	0.082
1000Hz	0.343	0.0084	0.351	0.046
一括	0.343	0.0084	0.351	0.046

この表からも明らかに、マスクの亞を露露（0.01ミクロン）以下にできるものは、一

低輝光方式もしくは高輝光強度でのミラー運動を実現にしたスキャンミラー露光方式のみである。また、マスク基板材として、通常のポリイミドフィルムは使用できないことがわかる。しかしながら、数十Hzを超える周波数でミラーを運動させることは、ミラー-301(第3図(b)参照)が10⁻⁹トール程度の高真空中に配置されて、ることを考慮すると、実現が非常に困難である。また、マスクとウェハを一体的に移動するスキャン露光方式では更に困難である。

従って、本発明では一括露光方式を採用した。ところで、露光装置には、パターン幅の精度として、最小狭付幅の5~10%が要求される。0.25ミクロンの最小狭付幅を実現する露光装置においては、これが0.012ミクロンとなる。このことから、露光領域(パターン部701)全体でのX線強度もしくは露光領域全域での露出量の均一性は、最大2.5%程度が必要となる。一方、SOR-X線の強度プロファイルは、前述の様に、鉛直面内ではガウス関数的である

光を行ない、露光領域全体で均一な露光を行う。

第10図(b)でこのシャッター機構を簡単に説明する。運動ドラム1009とアイドラムドラム1011の間のスチールベルト1009には、先エッジ1004と後エッジ1005を有する長方形のアバーチャ1012が形成されている。Y軸はSOR-X線の光軸と垂直な方向であり、暗船直方向である。Z軸は時間を示している。また、曲線1006は先エッジ1004の軌跡を示し、曲線1007は後エッジ1005の軌跡を示してある。このシャッター機構はY軸上の各点で露光 $\sim 0.1T(y)$ が第11図の強度プロファイルに対応して異なる様に運動ドラム1009を動作させる。これにより、露光領域全体で、露出量(=露光時間×強度)を一定にしている。

前述の "Proceeding of SPIE, Vol. 448, 1983, p104" に開示されている露光装置(第5図 略)は、SOR光源からのX線の通過経路が一旦ペリリューム窓で仕切られた後、マスクを介したウェハ

から、一括露光方式で露光領域全体の露出量の均一性を最大2.5%程度とするのは容易ではない。照度を露光領域全体で均一にする方法では、ガウス分布の中心部分のみを使わざるをえず、X線エネルギーの使用効率が悪い。

本発明は、このような問題を解決するために、第10図(a), (b)に示す露光システムを採用した。この露光システムは、ミラー-1002にSOR光源内の発光点1001からのX線を経てグランシング角で入射させ、このミラー-1002で反射されたX線をマスクに照射する。このミラー-1002は、露光領域内のX線強度プロファイルの最小照度が、与えられた露光装置の設置条件の中で最大となる様に設定されている。第11図にこの型の露光領域でのX線強度プロファイルを示す。露光領域の中心部と周辺部の照度が大きく異なっている。この露光システムでは、露光領域での照度分布は、±10%程度異なっていることもある。そして、この露光システムは、この照度ムラをシャッター機構1003で補正しながら露

の露光が大気中で行なわれる。第12図に大気とHeの熱伝導率の圧力依存性を示す。この図から、同じ圧力なら、Heよりも空気のほうが熱伝導率が小さいことが分かる。従って、第2, 3表で説明したマスクの型を考慮すると、この様な大気中の露光では本発明の目的を達成するのは困難なことが理解できる。そこで、本発明では、前述した様に高精度に温度、圧力、純度が管理された密閉He雰囲気での露光を採用している。また、これ以外に、SOR-X線光源に対応する矩形(鉛直方向)搬送機構と矩形露光ステージを採用すると共に、完全密閉雰囲気内のマスクおよびウェハの搬送を採用した。これにより、SOR-X線露光装置において、高スループットと、パーティクル(ゴミ)とコンタミネーションの影響を小さくすることを可能にしている。

更に、本発明では、(1)SOR光源からのX線の光軸は変動する可能性がほとんどない、(2)マスクの精度は前述の様に充分でている、(3)SOR-X線露光ではSOR光源からのX線の光軸と

マスクとの位置関係の安定性が最も重要な。との認識から、ウェハステージを6軸(X, Y, Z, θ_x(=ψ), θ_y, θ_z)制御し、マスクステージはθ制御のみとしている。これにより、マスクステージの高精度化を達成している。

なお、本発明において、マスクステージをθ方向に回転可能としているのは、ウェハステップアンドリピート露光するためのウェハのX, Y軸に関する移動方向にマスクの向きを合わせるためにある。また、本発明は、この所要マスクアライメントを正確に行なうことを可能とするために、ウェハステージ上に基準マークを設け、この基準マークを用いてマスクアライメントを行なっている。

(以 下 白)



(実施例)

第1図に本発明の一実施例を示す。図中、4はS R光を発生させるための電子加速器、あるいは、電子蓄積リング(以下SORリングと略す)であり、その電子軌道は、床面に対して水平に設置されている。図では、SOR光の出射窓は一つであるが、2つ以上の出射窓を備えていても良い。ミラーユニット101はSORリング4と露光ユニット102の間に設置しており、内部にSOR光を所望の位置に寸法に変更するためのX線ミラー1401(第14図参照)を収納している。また、X線ミラー1401の周辺は $1 \times 10^{-9} \sim 1 \times 10^{-8}$ Torr程度の真空中に排気してある。ビームダクト120はSORリング4とミラーユニット101の間を $1 \times 10^{-9} \sim 1 \times 10^{-8}$ Torr程度の真空中を保ちながら接続している。

露光ユニット102は内部を純度99.99%程度以上の高純度なヘリウム(He)で満たしたメインチヤンバー3101(第31図参照)でおおわれており、第13図に示す如く、その露光気の中に、マスク2やウェハ3を保持するためのステージ装置1301、

ステージの位置計測を行うための計測光学系1312、ウェハ3とマスク2の相互位置ズレを測定するためのプリアライメントシステム1307、ファインアライメントシステム1302、ウェハ3に適切なX線露光量を与えるための露光シャッター装置1308、ウェハ3を供給あるいは回収するためのウェハ供給回収装置1303、ウェハ3を搬送するためのイジエクター1304、ウェハトラバーサー1306、ウェハ3の結晶方位を整列させるためのオリフラッシュステージ1305、マスク2を収納するためのマスク収納装置1310、マスク3をマスクカセット1310から出入れするためのマスクカセットローダー1309、マスク3をマスクカセット1310とマスクθステージ1999(第19図参照)の間で搬送するためのマスク搬送装置1311などが収納されている。第84図に示す如く、メインチヤンバーは露盤ベース8405に固定されている。露盤ベース8401には3個のエアーサスペンション8402~4が取付してあり、エアーサスペンション8402~4の一端は露盤架台8401に固定してある。露盤架台8401は前述の露

盤ベース8405やメインチヤンバーを支持するための複数の構造体である。露盤架台8401の下部には空気等を吹き出し、その圧力によって床面より浮上させる流体ペアリング(不図示)が取り付けである。流体ペアリングは、露光ユニット全の設置調整の時、床面に対する摩擦抵抗を減少するので、最小な位置決めを可能にする。

ミラーユニット101と露光ユニット102の間にビームダクト121が配置されている。このビームダクト121内には、第35図に示す様に、仕切弁3616, 3617、ペリリウム窓3612が配置され、各ユニット101, 102を気密遮断が可能な状態に接続している。ビームダクト121の途中は支持台123で床に設置してあり、またミラーユニット101とペリリウム窓3612の間に設置した真空排気ポンプで $1 \times 10^{-9} \sim 1 \times 10^{-8}$ Torr程度の真空中に排気してある。

電気制御ユニット103はミラーユニット101、露光ユニット102、低屈制御ユニット104、排気ユニット105、給気制御ユニット106の制御や諸

作入力として作用し、SORリング4との熱交換の授受、不回の作業室出入口部との保安信号の授受等を行う。熱交換ユニット104はミラーユニット101や電光ユニット102などの発熱部品に対して熱流体を流通させる事で、それら部品からの発熱を吸収し、前述装置群の温度を一定に保つ作用を行う。排気ユニット105は、露光ユニットの排気を行い、また、ミラーユニット101、排気ポンプ122の制御を行う。給気制御ユニット106は、ミラーユニット101や電光ユニット102で使用される高圧空気、窒素ガス、ヘリウムなどの制御を行う。

以上が本発明の構成ユニットの作用についての簡略な説明である。以下にユニット化構成にする効果を説明する。SORリング4から放射されるSUR光の内のX線を用いた露光方法を考える場合、算盤は前述するが、X線の拡がりを制御するためのX線ミラー1401の役割は重要であり、X線ミラー1401無しでSOR-X線による露光は困難である。

X線ミラー1401の役割のうち、重要な点は、露

リング4に近い程、押送放射線から遠ざかったと同等な効果が得られるので、都合が良いと考えられる。現状のSORリングに於いては、この型の位置がSORリングに近く接近しているものから、数cm先方に設置されるものまでさまざまである。従って、露光システムに於いては、この型がSORリング4とミラーユニット101の間、あるいはミラーユニット101と電光ユニット102の間のいずれに育てて使用可能とすべきである。このような観点から、ミラーユニット、電光ユニット、電気制御ユニット等にユニット化する事で実用可能な露光システムが製作できる事が判った。以上がSOR光を一た露光システムを構成するために必要な装置構成上の説明である。

次に、個々ユニットについて大きな構成手段について述べる。

ミラーユニット101は、真空炉に直接SORリング4上に連結する必要があるので、電光ユニット102とは独立した真空排気系を持つ。ユニット全体はSOR光に対して6軸(X, Y, Z, θ, ω_x, ω_y)

元に必要な波長のX線を選択できる。必要なX線強度分布を作り出す、また、適切なX線束を作り出す事でSORリング4と電光ユニット102間の距離を短くできるなどである。露光に必要な波長を選択する事で、マスク2のコントラストを確保でき、必要なX線強度分布を作り出せる事で熱的に寸法変化を生じない露光系が得られる。また、発散角を制御する事で実用的なSORリング4と電光ユニット102間の寸法が得られる。要約すれば、X線ミラー1401を用いる事で実用的なSOR露光システムが得られると言っても過言ではない。

SOR光を用いた露光システムを構成するためにSORリング4自体が露光システムに与える影響を考えてみる。一般的に、SORリング4の外径寸法は2mm~數十mm程度ありその重量は數十~300gに及ぶ。従って、露光システムはSOR光の出射方向に向って比較的自由に移動しながら位置を調整する必要がある。また、SORリング4の周囲には數十cm程度の厚さの放射線遮蔽壁が設けられる。

露光システムを考える場合、この壁は、SOR

方向に位置合わせする必要がある。位置合わせの動作のうち、ミラーユニット101全体をX及びZ方向に移動できるようユニット底面に液体ペアリングを用いる。Y方向及びX, Y, Z軸に対する回転運動はX線ミラー1401に直結するミラー姿勢調整装置1406(第14図参照)で行う。直後、SOR光を受けるX線ミラー1401はその取付部付近に恒温被膜を通過する事で熱的な変形から逃れる。また、X線ミラー1401とSORリング4の間にアバーチヤ1409(第14図参照)を入れ不要なX線照射によるダメージから逃れるようとする。

電光ユニット102はSORリング4やミラーユニット101のSOR光軸に対して、ミラーユニット101と同様に、6軸方向に位置合わせする必要がある。このため、ユニットの底面に液体ペアリングを装着し、電光ユニット102のX, Z方向及びY軸回り回転(ω_x)に関する移動を容易にしてある。X及びZ軸回りの回転(ω_x, θ)運動やY方向の運動及び位置決めは、第84図に示すエアサスペンション8402~8404の圧力にて行う。以

上が本ユニットの設置、調整に関する説明である。

本ユニット102には、SOR光が導入されるので、これが原因で生ずる問題解決手段が必要である。ユニット102の構成要點のうちメインチャンバー3101(第31図参照)の内部を真空にできればある意味で問題は無いが、前述するように、マスクの発熱に対処するためメインチャンバー3101内を真空にする事はできない。従ってSOR光とりわけX線を収容する割合が低い事が判っているヘリウム(または、水素でも可能である)を充填する必要が生じた。これにより、真空とヘリウムを分離するためのX線導入窓が必要となった。X線導入窓はペリリウムが適切である。ヘリウムやペリリウムのX線収容は、露光エネルギーの減少を招くので、この損失を最少限度にすべきである。この要請の意味はヘリウムはできるだけ圧力を下げる、ペリリウムはできるだけ高くすると云う事である。ヘリウムの圧力は伝熱特性やX線が通過する距離から求められる。

前述する理由で、ヘリウムの圧力は100~200Torr、

0.001μm~0.01μm程度以下にする必要があるので、少なくともウエハ3の設置される場所の温度変化は0.01°C~0.1°C以内に維持する事が必要である。従って、本発明では、ウエハーの設置場所やその寸法管理が必要となる部分については、恒温流体を流通する事で、この問題の解決を行っている。また、露光システムに於いては、ウエハー上の所定の位置にマスクパターンを転写する必要があり、その位置決めの再現精度は、0.02mm~0.05mm程度が望まれている。この問題を解決する有効な手段はマスクとウエハを基板間に接着あるいは相互固定する事であるが、この両者の機械剛性には限りがある。両者の相互位置ズレは構成部材の温度変化あるいは外部からの振動などによる変形によって生ずるものである。

温度変化に対しては前述の恒温手段で対応できる。外部からの振動については、第84図に示す、除振ベース8405と除振臺8401の間に設けたエアーサスペンション8402~8404の作用によつて振動の伝達を分断する構造で対処できる。当然、

その純度は99.99%程度とすべきである。ペリリウムの厚さは、ヘリウムの圧力と、その周辺の装置構成で定まる。後述するようなガス制御あるいは排気系を用いるとその厚さは20μm程度にする事ができる。また、この時、X線が通過する距離は30cm以下程度にすべきである。ヘリウムの純度を維持するためにはメインチャンバー3101内部を真空に排気(圧力 1×10^{-4} Torr程度)した後、ヘリウムを導入し置換する必要がある。その後メインチャンバー3101の内部に導入する不純物ガスは最少限度に止め、その漏れ込み量に対して前述の純度が保てるようヘリウムを度し抜けられるよう給気制御ユニットを用いる必要がある。以上が露光露露気形成方法に関する説明である。

次に精度の獲得手段について述べる。本露光システムでは、ウエハ上に30mm口程度の面積に対して露光する必要がある。一般的なシリコンウエハーの熱膨張係数は $4 \times 10^{-4}/\text{°C}$ 程度である。30mmの長さで温度変化1°Cに対する寸法変化は0.12μm程度となる。露光システムでは、この変化を

X線ダクト121と露光ユニット102の間には、ペローズの如き、軟らかい素材を用いてダクト121から露光ユニット102に露光が伝達して来る事を防止する構成にしてある。以上が装置精度獲得のため用いられた手段の説明である。

SOR光とりわけX線を用いた露光システムの構成方法の概略説明を以上で終る。なお、以下に本発明の露光システムについて詳細な設計方法や装置内容を説明する。

第13図は露光ユニット102の内部構造を説明する図である。この図では、X線を通過するペリリウム窓3612(第36図参照)からSORに対して下方の部分を示している。

本装置の目的は、マスク2上に設けた転写パターンを、ウエハ3上のレジストに所定の位置合わせを行いながら、X線を用いて焼付け転写する事である。また、転写パターンは30mm四方程度の面積であって、一方、ウエハは直徑數十mmから直徑數百mm程度有るので、焼付け露光は所謂ステップアンドリピート露光を採用し、複数回に分けて繰

り返し行う必要がある。この分、マスク2とウエハ3の位置合せ精度は0.01μm～0.05μmと云った要求があり、言うまでもなくこの数字は小さい覆度い。また、1枚のマスクの転写パターンが、ウエハ上に複数回複数露光される事から転写パターンにゴミやキズ等の欠陥を生ずる事は許容されない。複数回の露光を行うため、マスク2とウエハ3の位置合せ動作中、露光以外のため消費される時間は、必要最小限にする必要がある。従って、本装置を構成するため特に留意されるべき点は、高精度の確保、ゴミを発生しない、ムダ時間を生じない等の合理的なマスク2やウエハ3の搬送装置を提供することである。

前述留意点に配慮して構成された露光ユニット102の内部構造について説明する。

ステージ装置1301の主な機能は、ウエハ3やマスク2を保持、あるいは位置決めする事であり、露光ユニット101を構成するための中心的部材である。本ステージは、SOR光の光軸に対してウエハ3を垂直に維持しながら、0.01μm以下の位置決

ライメント用照明光源、電気回路、運動アクチュエータなど発熱する部分周辺には恒温液体を流通し、温度変化を生じない構造にしてある。

プリアライメントシステム1307の主な機能は、組入されたウエハ3のステージ装置1301に対する位置を測定する事である。このプリアライメントシステムによって、ウエハ3のステージ装置1301に対する6軸(X, Y, Z, θ, φx, φy)方向の位置が測定される事で、ファインアライメントシステム1302の測定時間を短縮できる。また、プリアライメントシステム1307の測定値によって、ウエハ3がマスク2に衝突しないようステージ装置1301を制御する事が可能になる。本システム1307は、ステージ装置1301の上面に取り付けてあり、発熱部品周辺には恒温液体を流通し、システムの作動による温度変化を生じないようにしてある。また、光源は、大きな発熱体であり、かつ比較的消耗しやすいので、プリアライメント用光源を容易に交換できるよう、また発熱の影響が最少となるようメインチャンバー3101の外壁に設置し、オ

ル分解能を持って、ウエハ3を3次元(X, Y, Z)的に移動する。ステージはゴミや発熱、運動を最小限にすべく、液体給受室内と弾性リンクによる移動室内で構成してある。駆動手段や液体給受室内等、温度変化を生ずる部分については、その周辺に恒温液体を流通する事で温度変化を生じない構造にしてある。また、本装置1301には、その他の構成サブユニットが取り付くので、マスクとウエハ間の剛性を最低400振動数で200～300Hz程度に設計してある。

ファインアライメントシステム1302の主な機能はウエハ3とマスク2の相互位置を検出する事である。ファインアライメントシステム1302は、ウエハ3とマスク2の相互位置を3次元(X, Y, Z)的に検出する光学装置(詳細は後述する)と、その光学装置を移動する手段で構成され、露光X線をさえ切る事なく露光X線束の周囲に設置されている。また、ステージ装置1301に取り付けてある。本システム1302はステージ装置1301上にあって、マスク2に近接しているため、ファインア

ブチカルファイバーを用いて必要なスペクトルのみで装置内に導入している。

露光シャッター装置1308の主な機能は、X線を遮断あるいは通過させる事で露光エネルギーを制御する事である。ところが、本露光システムに於いては、SORリング4から放射されるX線をミラー1401(第14回参照)で必要な形状に整形して露光している。この時SOR光の放射特性からY軸方向に強度ムラが発生する事を許容した方が、SOR光の利用効率が高い事は前述した。従って、Y方向の強度ムラを平均化させる手段として、露光シャッター装置1308は有効に作用する必要がある。

前述の理由により、シャッター形態をフォーカルプレーンとした。また、露光シャッター装置1308が作動する時は、ウエハ3とマスク2は0.01μmオーダで位置合わせが成されて居るため、運動の発生は極力避けるべきである。従って、シャッターラン(第15図に示すスティールベルト1513, 1517)はエンドレスの構造とし、駆動方式による運動の

発生を最小にする構造にしてある。また、取付け場所もメインチャンバー3101の壁とする事で、マスク2とウェハ3の位置合わせ精度におよぼす影響を最少限にしてある。本装置1308でも熱が発生する部分には、恒温流体を流通し、温度変化を生じない構造にしてある。

オリフラ検知ステージ1305の主な機能は、搬送途上のウェハ3の結晶方向やウェハ3の中心位置を計測し、ウェハ3の回転方向やステージ装置1301に対するウェハの中心位置を所定の位置に定める事である。このステージ1305はX及びY方向に独立して移動可能な複数の直線ステージと、そのいずれかのステージに設置された回転ステージ（回転ステージはウェハを接着保持できる手段を有する）と、ウェハの端部位置の寸法を計測可能な光学装置で構成してある。ステージ1305はステージ装置1301に対する相互位置関係が重要なため、ステージ装置1301に直接取り付けてある。また、運動アクチュエータなどの発熱部品に対しては、恒温流体を流通させる事で温度変化を生じない構造にしてある。

ことである。イジエクター1304は、ウェハーを接着保持するハンドのウェハ保持面を水平から垂直に、あるいは、その逆に動かす事が可能であり、そのハンドはX（又はZ）方向に移動可能であり、かつY軸の回りに旋回する事ができる構造にしてある。イジエクター1304はチャンバー3101の壁面に取り付けてある。また、発熱部品は恒温水を流通する事で、温度変化を生じない構造にしてある。

ウェハ供給回収エレベーター1303の主な機能は、ウェハの入ったウェハキャリア、又は、空のウェハキャリアを上下（Y軸方向）にステップ運動

エハの供給又は回収をする事である。ウェハ供給回収エレベーター1303は、前述の如く、ゲート弁で仕切られたチャンバーに取付ける。この時、ゴミに対する配慮から運動部分は大気中に設置する。

マスクカセット1310はマスクを20枚収容可能な収納チャンバーである。マスクカセット1310は、マスクが大気に触れないよう気密構造にしてある。

にしてある。

ウェハトラバーサー1306の主な機能は、オリフラ検知ステージ1305からステージ装置1301まで、ウェハを搬送（あるいはその逆）する事である。ウェハトラバーサー1306はオリフラ検知ステージ1305上及びステージ装置1301のウェハ搬送位置でZ方向に作動し、また、オリフラ検知ステージ1305からX方向に作動する。複数のウェハハンドは供給と回収のそれぞれ専用であり、両者は相互にX軸に関して逆方向に移動する。ウェハトラバーサー1306の各ハンドは、ステージ装置1301上で定まった位置に停止する必要があるので、ステージ装置1301の那时に直接取り付けてある。また、運動アクチュエータ等の発熱部品には恒温流体を流通して温度変化を生じない構成にしてある。

イジエクター1304の主な機能は、ウェハ供給回収装置1303上に設置されたウェハキャリアに対してウェハ3を取り出し又は収納し、また、ウェハ3をオリフラ検知ステージ1305に対して着脱する

マスクカセットローダー1309の主な機能は前述マスクカセット1310を保持し、マスクカセット1310を開き（または閉じ）、指定されたマスクをマスク搬送装置1311が搬送できる位置に設定する事である。マスクカセットローダー1309は、前述の如く、ゲート弁で仕切られた容器に直接取付けてある。

マスク搬送装置1311の主な機能は、マスク2をマスクカセット1310とマスクチヤック1903（第19図参照）の間で搬送する事である。マスク2は破損し易いので、衝撃を発生しないよう、また滑りなどによるゴミを発生しない様、また、特にマスクチヤック1903に設置する場合、マスク2に機械的な変形を与えない等の点に配慮してある。以上の配慮すべき諸点を解決するために最も重要な点は、マスク2を保持するハンドの軌跡を極力正確にする事である。ハンドはX方向に移動可能な移動台上でZ軸回りに旋回する。この時、左右の回転停止位置でストップピンに定位押し当てを行う。X軸方向の運動に対しては、光学的な位置検出と、

的確な通りの得られる運動を行う等の手段で、正確な運動軌跡を得ている。

計測光学系1312の機能は、シリアル運動ステージ1899(第17図 参照)の位置を計測する事である。計測光学系1312は、ステージ装置1301のメインフレーム1701(第17図 参照)を測定の基準点にし、マイケルソン干渉計を基本とした: レーザ光源による干涉測定器を有している。この計測光学系1312では、レーザ光源と受光器をメインチャンバー3101の外部に設置している。途中の光学路はメインチャンバー3101に対して気密状態で取り付けてある。レーザ光源、受光器共にメインフレーム1701に直接取付ける事で光軸の機械的変形から逃れている。

以上が露光ユニット102を構成するサブユニット類の機能と代表的な構造の説明である。次に前述のサブユニット類の構成について特徴を述べる。

2方向に関して、ステージ装置1301のマスク8ステージ1999の後方がマスク2のパターンをウエハ3に転写する位置である。本装置では、この転写

(第17図 参照)の図示上面(Y軸方向に関して上方の面)に計測光学系1312を設置した。また、転写位置は許容される限り、図示上方に設定した。このような配置にする事で、マスク2やウエハ3の上方に可動部品が少くなり、ゴミの落下などの問題が無くなつた。また、このような配置により、マスク搬送装置1311、オリフラクタステージ1305、イジエクター1304、ウエハドライバー1306等は必然的に転写位置に対して、図示下方に設置される事になり、これらサブユニットからの発塵に対して有効な配置を得る事が可能となつてゐる。

最後に、この図において、2604はAAフレーム。AAフレーム2604はメインフレーム1701とマスク8ステージ1999やファインアライメントシステム1302の間を連結する構造部品である。

第14図はSORを鉛直方向に拡大し、露光領域を一括に撮影するための露光学系の一端の実施例を示した図である。1401はSORを鉛直方向に拡大する凸のシリンドリカル面を反射面としているX線ミラーである。X線ミラー1401はSICあ

する位置で最も精度が得られる構成が選ばれる。この場合、重要な精度はマスク2とウエハ3の相互の位置関係であり、これが最も少くなるべきである。これに影響を与える誤差要因は種々考えられるが、精度向上のためには、先ず計測光学系1312の安定度を確保する事が重要である。また、ステージ装置1301のY方向室内側の中央付近に、この転写位置が来ないように配置すると、ステージの剛性が高まるので、この転写位置をY軸方向に関してステージ装置1301の可動範囲の中央より上方に設定している。こうした事で、計測光学系1312の干渉計からステージの位置計測用ミラーまでの距離を短くする事が可能となり、チャンバー内雰囲気が計測精度に及ぼす影響を軽減できる。また、ステージの動作距離はY軸の方をX軸のそれより長くなるようにしている。これは、Y軸方向については、カウンタバランスやモーメントバランスを取り戻す点を考慮したためである。

このような観点から、ステージ装置1301の形状はY軸方向にタテ長とし、フレーム1701(第

17図 参照)の図示上面(Y軸方向に関して上方の面)に計測光学系1312を設置した。また、転写位置は許容される限り、図示上方に設定した。このような配置にする事で、マスク2やウエハ3の上方に可動部品が少くなり、ゴミの落下などの問題が無くなつた。また、このような配置により、マスク搬送装置1311、オリフラクタステージ1305、イジエクター1304、ウエハドライバー1306等は必然的に転写位置に対して、図示下方に設置される事になり、これらサブユニットからの発塵に対して有効な配置を得る事が可能となつてゐる。

1403は例えばインジウム等の薄膜によってなる熱結合材であり、X線ミラー1401の反射面の裏面とミラー基台1402のミラー支持面との間にはさまれ、それぞれの面に密着している。これによつて、X線ミラー1401からミラー基台1402への伝熱抵抗が小さくなり、SORの吸収による熱を、波路1404中を運ぶする波路にスムーズに渡すことによつて、X線ミラー1401の温度上昇を小さくする。

1403はX線ミラー1401をミラー基台1402に

押圧しているミラー保持部材である。1414はX線ミラー1401を抱いたミラー基台1402を支持する支持部材であり、内部にミラー基台1402に設けられている放電路1404に繋がる管が設けられている。1405は金属製のペローズであり、一方は真空チャンバー1408、他方は支持部材1414に連結されている。1406は複数の自由度を有するX線ミラー1401の姿勢調整装置であり、支持部材1414と堅密に結合される。ペローズ1405は、ミラー姿勢調整装置1406によってX線ミラー1401を移動調整する際に、真空チャンバー1408と支持部材1414との相対的な位置を確保する。

1407はミラー姿勢調整装置1406を堅密に支持するフレームである。真空チャンバー1408とフレーム1407はそれぞれ独立に不図示の台上に固定されており、大気圧や温度の変動に起因する真空チャンバー1408の変形はX線ミラー1401の姿勢に影響をおよぼさない。従って、真空チャンバー1408の剛性を小さくすることができ、重量を軽くすることができる。1411は真空チャンバー

第15図は露光シャッター装置1308およびその機能を説明する上で必要となる要端を斜視図により模式的に示したものである。また、第16図は、第15図において省略されている、ウエハ2と露光シャッター装置1308の間にさまれているファインアライメントシステム1302と、マスク3を横断面よりながめ、これらのX線1の光軸方向に関する配置関係を示したものである。

本実施例においては、露光シャッター装置1308は、2つの同一のユニットすなわちメインシャッターユニット1501、補助シャッターユニット1502より構成されている。露光ビームであるX線1は、第15図に示すように、非露光時にはステンレス製のスティールベルト1517によって遮光されているが、露光時にはスティールベルト1517に設けられた長方形の開口部である前方露光アバーチャ1530と、後方これに対向する位置に設置する後方露光アバーチャ1533を通過して、後に設けられているメインシャッターユニット1501に到達する。メインシャッターユニット1501の

1408内を高真空中に維持する排気ポンプ1412に繋がる排気ポートである。

1409はSORが不要時にX線ミラー1401に照射されるのを遮断するシャッターであり、X線ミラー1401がSORに照射される時間を短くすることによって、X線ミラー1401の放射線損傷を少なくするのに役立っている。X線ミラー1401はその反射面を下向きにして支持され、第10図(a)に示すように、反射面の円周輪が水平になり、かつSORの中心輪が反射面に対して10mrad~30mradの角度を持つように設定される。

次に、露光シャッター装置1308について説明する。本発明における露光シャッターは、先にも述べたように、光漏強度変化、レジストの種類の違いによる感度の変化等に応じて露出時間を制御する機能だけでなく、X線ミラー1401によって反射されたSOR-X線1のY方向の強度分布、分光特性に応じてローカルな露光時間を制御し、レジストのエネルギー吸収量を露光面角全面にわたって一定とする機能をも有している。

スティールベルト1513にも、補助シャッターユニット1502のスティールベルト1517と同様に、2つの開口部すなわち前方露光アバーチャ1530と後方露光アバーチャ1533が設けられている。前述したY方向のローカルな露光時間を制御する機能はY方向の各点において、メインシャッターユニット1501の露光アバーチャ1530の先エッジ1531が通過し、後エッジ1532が通過するまでの時間を異ならせ、Y方向の各点において、レジストのエネルギー吸収量が一定かつ過正直であるように制御することによって達成される。

スティールベルト1517はアクチュエータユニット1518によって駆動される駆動ドラム1515と、アイドラム1516の2つのドラムによって張られ、スティールベルト1517内面と駆動ドラム1515表面の摩擦によって駆動される。駆動ドラム1515には、スティールベルト1517を蛇行無く安定駆動するために、ドラム端中央部を端部に比べ50μm~100μm程度径を太くし、いわゆるクラウニングを施している。スティールベ

ルト1517の端部近傍に設けられた小さな長方形状の開口部は、タイミングアーチャ1534、位置検出アーチャ1535で、それぞれ、反射型のタイミングセンサ1536、フォトインクラプタ1537と共に動作し、あらかじめ決められた駆動パターンでアクチュエータユニット1518を駆動する際のスタート信号を発生したり、SOR-X線1が通過している状態か、遮光されている状態かを検するのに使われる。アクチュエータユニット1518は、モーターとこのモーターを密閉するように構成されるアルミ合金製のケーシングから成る。このアルミ合金製のケーシングには水路が設けられており、モーターより発生した熱は不図示の配管を通じて、チヤンバー外に持ち出される。また、このケーシングはモーターに使用されているオイルや、接着材料、給受材料から発生するパーティクルの遮光霧団気への飛散を防止する効果がある。

メインシャッターユニット1501の機械構成は、以上説明してきた補助シャッターユニット1502の構成と同じなので、説明を省略する。

メインシャッターユニット1501、X線ディテクタ1551、X線照度計1541のX線光軸方向の配置は第16図に示される通りで、とくにメインシャッターユニット1501は、後に詳細に説明するファインアライメントシステム1302に近接する位置に配置される。

第17図はマスク、ウェハアライメントステージの全体構成を表わし、特にステージ装置1301及び計測光学系1312を示した図である。

同図に於いて、1701はステージ全体の基台となるメインフレームで、このメインフレーム1701に取付けられた一対のY駆動ガイドバー1706にYステージ1705が静圧室内されて上下に可動となっている。基Y駆動ステージ1705は、自重を相殺する目的で、一対のバランスベルト1708を介してメインチヤンバー3101に取付けられたバランスシリンダ1709と連絡されており、同記メインフレーム1701に取付けられたY駆動用電動シリンダ1707により駆動、位置決めされる。

さらに、Y駆動ステージ1705上に取付けられ

1551は駆動ステージ1804（第18回参照）に取り付けられたX線ディテクターである。前述の2つのシャッターユニット1501、1502を開放状態にして、Y駆動ステージ1705（第17回参照）を駆動して、X線ディテクター1551を露光面角内をY方向に走査すれば、X線強度プロファイルを計測することができる。この計測データをもとに、アクチュエータユニット1514の駆動テーブルが作成され、露光領域でレジストのエネルギー吸収量が一定となるような補正運動が行われる。

1541はX線光軸に直交するX方向に移動可能なキャリッジ1542に固定支持されたX線照度計で、通常は露光面角から離れた位置に持置しており、計測時の露光面角内の所定の位置に移動し、X線の強度計測を行う。キャリッジ1542はスティルベルト1544、電動ブーリー1546、アイドロブーリー1545、アクチュエータユニット1547から構成される駆動系により移動、位置決めがなされる。

以上説明した補助シャッターユニット1502、メ

た一対のX駆動用ガイドバー1711に、X駆動ステージ1710が静圧室内されて左右に可動となっている。このX駆動ステージ1710は、Y駆動ステージ1705に取付けられたX駆動用電動シリンダ1712により、駆動、位置決めされる。X駆動ステージ1710上には、ウエハ3の機械位置決めをするウエハ駆動ステージ1899と、レーザ測長用ミラー1810が設置されている。

同記メインフレーム1701に取付けられたAAフレーム2604には、マスク9ステージ1999が設置されている。メインフレーム1701はフレームコネクタ1704を介して同記メインチヤンバー3101に接続され、ステージ全体はメインチヤンバー3101内に収まる。

次に、レーザ測長系について説明する。メインフレーム1701の上部に支持され、同記メインチヤンバー3101外に設置されたレーザヘッド1720a、bから放出されたレーザ光は、分配ユニット1721によりX、Y方向に分配され、一方は同記AAフレーム2604に取付けられたX軸用干涉計ユニ

ト1723に入射し、折り曲げられて、レーザ周用ミラー1810で反射され、レシーバ1726aに入射し、X軸方向のウェハ駆動ステージ1899の位置を計測する。他方はメインフレーム1701に取付けられたY軸用干渉計ユニット1723に入射し、折り曲げられて、レーザ周用ミラー1810で反射され、レシーバ1726bに入射し、Y軸方向のウェハ駆動ステージ1899の位置を計測する。

第18図はウェハの位置決めを行うウェハ駆動ステージ1899の構成を表わしている。ウェハ駆動ステージ1899は第17図に示したX駆動ステージ1710上に設置されている。

同図において、1802、1803、1804はそれぞれY、X、θ方向に板バネ支持され、Y、X、θ方向に微細に移動可能なY駆動ステージ、X駆動ステージ、θ駆動ステージであり、剛性を高める為にX駆動ステージ1710をZ方向に向てサンドイッチするように、同じ形状のものが配置され、それぞれが連結板1809にて連結されている。Y駆動ステージ1802はY駆動用ピエゾ電子（図示せ

ン）用ピエゾ電子1814（いずれも一方は図示せず）及び1ヶのθ駆動インチワームプツシャ用ピエゾ電子1815により駆動される。θ駆動ステージ1806にはウェハチヤック1807が着脱可能に取付けられており、ウェハチヤック1807には温度調節の為に恒温液体が供給されるウェハチヤック基調用配管1823及び恒温液体が排出されるウェハチヤック基調用配管1824が結合しており、さらに、ウェハ3を真空吸着する為の真空チヤンク用配管1822も結合されている。

1810はX、Y、θ、w_x、w_yの移動量をレーザ周長、軌角システムにて測定する為のレーザ周長ミラーであり、Zチルトステージ1805に取付けられている。レーザ周用ミラー1810上には、機械原点となる座標基準マーク1821が設置されている。

第19図はマスクθステージ1999の構成を表わしており、同図において、1901はステージ1999の基となるマスクθステージベース、1902はマスクθステージベース1901に対し、マスク2を面

す）によりY方向に駆動され、X駆動ステージ1803はX駆動用ピエゾ電子1811によりX方向に駆動され、θ駆動ステージ1804はθ駆動用ピエゾ電子1812によりθ方向に駆動される。さらに、各軸にはY駆動用ダンパ（図示せず）、X駆動用ダンパ1817、θ駆動用ダンパ1818が配置してあり、運動減衰を早めている。

1805はθ駆動ステージ1804より、3枚のZ支持板バネ1808によって、Z、w_x、w_y方向に需、それ以外の方向に剛に支持されたZチルトステージである。Zチルトステージ1805は、3つのZチルト駆動用インチワーム、1813及びZチルト駆動用テコ1819（それぞれ一つのみ図示）を介して、3点が独立にZ方向に駆動される。この際の移動量はZチルト駆動用変位センサ1820により計測され、正確なZ及びw_x、w_y方向の位置決めを行う。

1806は前述のZチルトステージ1805よりペアリングを介して支持されたθ駆動ステージであり、θ駆動ステージ1806は2つのθ駆動インチワームクラランバ1816、2ヶのθ駆動用インチワームクラ

ンバ用ピエゾ電子1814（いずれも一方は図示せず）及び1ヶのθ駆動インチワームプツシャ用ピエゾ電子1815により駆動される。θ駆動ステージ1806にはウェハチヤック1807が着脱可能に取付けられており、ウェハチヤック1807には温度調節の為に恒温液体が供給されるウェハチヤック基調用配管1823及び恒温液体が排出されるウェハチヤック基調用配管1824が結合しており、さらに、ウェハ3を真空吸着する為の真空チヤンク用配管1822も結合されている。

内回転方向（θ方向）上の要素に、他の方向には剛に支持する放射状の板バネ、1903はマスク2を着脱自在にする為のマスクチヤック、1904、1905はマスク2を機械的に位置決めする位置決めピン及び位置決めVブロック、1906はマスクθステージベース1901に対するマスク2の相対的回転角度を近似的に円周方向の直線変位で測定する為の変位センサ、1909はマスクθステージ1999の駆動変位源であるところのピエゾ電子、1908はピエゾ電子1909の変位を拡大するテコ並大機構、1910はテコ並大機構1908により拡大された変位を円周方向以外に歯力伝えない様に伝達する弾性カツプリング、1911はマスクθステージ1999の駆動を減衰させるダンパである。

第20図に示すレーザ周長光学系は、露光中心軸（SOR-X線1の光軸）を基準にウェハ駆動ステージ1899の姿勢、位置について、マスク2とウェハ3のギャップ方向（Z方向）以外の5自由度、すなわち、位置X、Yと 姿（角度成分）θ、w_x、w_yおよびメインチヤンバー3101内の圧力、露度

によるレーザ波長の変動を計測する機能を持つ。

このレーザ波長発生系において、レーザヘッド1720(a, b)は本来1本で良いが、レーザ出力が小さいため2本使用することにして、調長用と調角用に分けている。調角系の調定レンジは 10° パルス位、調長系においては 10° パルス位であり、レーザ波長の変化は 10^{-4} オーダであるため、調角系の調定誤差は最大 10^{-4} パルスと算出出来るが、調長系においては最大 10^{-3} オーダの誤差が発生するため、調長系のみ波長補正を行っている。このため、ウェーブレンジスコンベンセータ1724は調長系の光路に入っている。

レーザヘッド1720a, bおよびレシーバユニット1725は大気中にあり、メインチヤンバー3101内の密閉を保つためペローズ等によりシールされた造結構によりメインフレーム1701に固定されている。また、レーザ光はメインチヤンバー3101に取付けられたガラス窓2011a, b, cにより、メインチヤンバー3101内外を出入りする。

レーザヘッド1720から出て来たレーザ光をX

路分配ユニット1721内の33%ハーフミラー2003aによりX方向に分岐され、このレーザ光はベンダー2001bによりY方向に曲げられ、Y方向位置を調定するブレンミラー干渉計2004aに入射する。ブレンミラー干渉計2004aには調定対象であるZチルトステージ1805に搭載されているレーザ調長用ミラー1810と、マスク3の近くでAAフレーム2604に固定されているリフアレンスマラー2007aとの相対位置を計測出来るように、折り曲げミラー2006aと1/4版2006aが付加されている。干渉光はガラス窓2011bを通ってレシーバ2010bにより受光され電気変換される。

ハーフミラー2003aから直進した光は、50%ハーフミラー2002aにてウェーブレンジスコンベンセータ1724、例えばZygo社Model 7056とベンダー2001cに分れる。コンベンセータ1724に対してはレシーバ2010cが設けられている。また、X調長系は前記のY調長系と同様なブレンミラー干渉計2004b、ミラー2005b, 2007b, 1/4版2006b、レシーバ2010aを有している。

方向、Y方向に分ける光路分配ユニット1721、Zチルトステージ1805のX方向位置を調定するブレンミラー干渉計2004bおよびY軸回りの回転成分 ω_y を調定する調角干渉計であるディフアレンシャル干渉計2008cおよびレーザ波長補正を行うためのウェーブレンジスコンベンセータ1724へ光を分岐するハーフミラー2002aを有しているX用干渉計ユニット1722、同様にY方向位置を調定するブレンミラー干渉計2004aおよびZ軸回りの回転成分 ω_z を調定するディフアレンシャル干渉計2008aおよびY軸回りの回転成分 ω_x を調定するディフアレンシャル干渉計2008bを有しているY用干渉計ユニット1723、ウェーブレンジスコンベンセータ1724はメインチヤンバー3101内にあり、メインフレーム1701に固定されている。

以下に基本動作を調長系と調角系でわけて説明する。まず調長系を説明する。調長用レーザヘッド1720aから出たレーザ光は、ベンダー2001aによりY方向に曲げられ、ガラス窓2011aを通してメインチヤンバー3101内に入射される。この後、ベンダー2001aにより光路変更され、33%ハーフミラー2003bによりY方向に分岐された光は、ベンダー2001fにより ω_y 調角用ディフアレンシャル干渉計2008cに入射される。この干渉計2008cはレーザ調長用ミラー1810とX用干渉計ユニット1722に固定されている角度調定用リフアレンスマラー2009cの相対角度を調定するもので、例えばZygo社のDPMI (MODEL7015) を用いる。干渉光はガラス窓2011cを通してレシーバ2010fに受光される。ハーフミラー2003bからの直進光は、ハーフミラー2002b、ベンダー2001gで2つに分けられた後、前記と同様の干渉計2008a, b、角度調定用リフアレンスマラー2009a, b、レシーバ2010d, eを用いて、 θ および ω_x を調定するのに使用される。

次に、第21図によりプリAA/AF光系につ

いて説明する。

プリアライメントシステムの機能としては、大割して、ウェハ3のX、Y方向の位置を検出する機能（以下、プリAA）と、ウェハ3のZ方向の位置を検出する機能（以下、プリAF）に分けられる。プリAA光学系とプリAF光学系の機能を述べると、以下の様になる。

まず、プリAA光学系は、①前述されるファインアライメントシステム1302の負荷を軽減するため、ファインアライメントシステム1302によるアライメントに先立って、ウェハ3のX、Y方向の位置を検出可能とする、②ファインアライメントシステム1302によってアライメントを行った時に異常が発生した場合に、ウェハ3上のアライメントマークを目視により観察可能とする、である。また、プリAF光学系は、①前記プリAA光学系の焦点距離内にウェハ3を設定するために、ウェハ3のZ方向位置を検出する、②ファインAA位置へ移動する際のウェハ3のZ方向位置を補正可能とする、である。

通過し、780～840nm程度のS偏光が反射する特性としている。更に、対物レンズ2106は前述の入射瞳位置に対し、テレセントリックな系となっている。以上が、照明系部分を構成している。

ウェハ3上の像は、対物レンズ2106、ダイクロイックミラーブリズム2116、4分の1波長板2109、偏光ビームスプリッタ2115を通過し、ハーフミラーブリズム2114で分岐される。そして、通過側は低倍及び等倍リレーレンズ2105、2104にて、白黒カメラセンサ2117上に結像される。尚、対物レンズ2106からリレーレンズ2105までの光路はアフォーカル部とした方が、相互の位置設定が容易ことと、中間部のブリズム面反射による一ーストの影響を緩和する点で好ましい。また、リレーレンズ2105と2104を設け、その間に結像が1回行われる構成とすることで、暗視野時の直達光を遮り切る開口絞りを設けることができる。一方、半透鏡2114の反射側の光は、折り曲げミラー2112で反射され、高倍リレーレンズ2107、折り曲げミラー2113、耐真空室2110を経てカラーパー

第21図において、2101はライトガイドであり、不表示の光路（例えばハロゲンランプ）の光を導びき、コンデンサレンズ2102側の端面が2次光路となる。コンデンサレンズ2102は前記2次光路の光を開口絞り2108上に集める。2103は遮蔽レンズであり、折り曲げミラー2111、偏光ビームスプリッタ2115で反射させ、4分の1波長板2109、ダイクロイックミラーブリズム2116を通過させた後、開口絞り2108の上を対物レンズ2106の不表示の入射瞳上に結像する。ここで、絞り2108は明視野用と暗視野用いずれも使用可能である。尚、ライトガイド2101から出射する光はランダム偏光光の為、偏光ビームスプリッタ2115と4分の1波長板2109の組み合わせにより、光量ロスは50%におさえられる。但し、光量的に余裕のある系の場合は、半透鏡の利用でも良く、この場合の光量ロスは75%以上となる。

また、ダイクロイックミラーブリズム2116はプリAF光学系を導入する目的のものであり、反射面は多層膜により、400～700nmのP.S偏光が

カメラセンサ2118上に結像する。以上が結像系である。

2119は780～840nm程度の波長を有する半導体レーザ（LD）であり、コリメータレンズ2120で平行光を得る。前記光は一般に直線偏光であり、偏振面の向きを合わせ、ダイクロイックミラー2116で反射させることができる。そして、対物レンズ2106を通過し、ウェハ3にて反射し、再度対物レンズ2106を通過した後にダイクロイックミラー2116で反射し、折り曲げミラー2121、2122、受光レンズ2123を介して、センサ2124に導びかれる。センサ2124には、例えば1次元のPSDが用いられる。

以上がAF系の構成であり、AF原理、方式に関する公報は特公昭62-51442号公報に開示されるものが用いられる。

第22図はプリアライメントシステム1307の外観図を示している。このプリアライメントシステム1307は、第22図に示す様に、プリAAチャンバー3106内に収納されている。第21図で説明し

た光 系は、それぞれ金属のブロックに固定され、ブリッジベース2203に取付けられている。さらに、ブリッジベース2203は取付けアングル2204に支持され、取付けアングル2204はブリッジフレーム2604(第13回参照)に固定されている。

ハロゲンランプの光を導く光ファイバー2101は、光ファイバーフィードスルーハウジング2201により、ブリッジチャンバー3106内に持ち込まれている。耐真空室2110は不図示のOリングにより気密にブリッジチャンバー3106に取付けられている。また、カラーカメラ2118もブリッジチャンバー3106に取付けられている。

次に、ファインアライメントシステム1302について説明する。ウェハチャック1807に吸着されたウェハ3の位置を計測するアライメントシステムをブリアライメントシステム1307と呼んだのに対し、露光に先立って最終的にマスク2とウェハ3のアライメントを行うアライメントシステムをファインアライメントシステム1302と呼ぶ。ファインアライメントシステム1302の機能は、前述

で説明する。

第23図は第24図に示されたピックアップ2401に内蔵されている主要部品の構成配置を示したものである。2301はアライメント用ビームの光路となる半導体レーザで、量測用の配置を有する不図示の金属ベースに固定されている。半導体レーザ2301より出射した発散角を有するビームは、コリメータレンズ2302により平行ビームに成形され、さらにビーム縮小レンズ2305によりマスク2面上で平面波となり、ビームウエストを形成するよう後光される。2306は配置の都合上ピックアップ背面2402(第24回参照)に平行に配置された

縮小レンズ2305より出射された後光ビーム2307を露光ホール2430を通してマスク2の面上に導びくための折り曲げ用ミラーである。マスク2及びウェハ3上のアライメントマーク2332により回折および反射したビームは、1度露光ホール2430内で空中像を結出し、リレーレンズ2310によって、このリレーレンズ2310を中心に、既記述した露光点とは反対側の対称な位置に設けられた2ライ

したマスク2上のパターンとウェハ3上のパターンの面内方向(X、Y、Z方向)のズレ量を検出する機能(以後AA機能)だけでなく、マスク2のメンブレンとウェハ3表面のギャップ量を検出する機能(以後AF機能)を有している。

第24図はファインアライメントシステム1302を斜視図により模式的に示したものである。ファインアライメントシステム1302は、第19図に示されるマスク9ステージベース1901のマスクチャック1903と反対側の面に接続されており、第16図に示されるように、マスク9ステージベース1901と露光シャツターモジュール1308にはきまれる位置にある。

ファインアライメントシステム1302は、その機能から大別して、マスク2とウェハ3の面内方向のズレ量や、ギャップ量を検出するピックアップ2401と、このピックアップ2401をアライメントマークの位置に対して移動し、位置決めを行うピックアップステージ部2411の2つに分けられる。まず、第23図を使ってピックアップ2401につい

ンセンサ2320上に再び絞りする。この2ラインセンサ2320の一つの基板上には、アライメントマーク2332のズレ量を検出するAAセンサ2321と、ギャップ量を検出するAFセンサ2322の2つのラインセンサが作りこまれている。

第23図に示すように、アライメントマーク2332に投光される投光ビーム2307も、2ラインセンサ2320に結像する受光ビーム2308も、X鏡1の光軸2309に対して角度を有している。ピックアップ2401は斜めからアライメントマークを見込むように配置され、露光ビームたるX鏡1とピックアップ2401の干渉を避けている。このピックアップ2401と受光ビーム2308、投光ビーム2307、X鏡1の関係は第16図にも示されている。この様に構成することにより、アライメント時、露光時を問わずピックアップ2401を固定しておくことが可能となる。なお、アライメント時のピックアップ2401とX鏡1が干渉する場合には、露光時に露光ホール2430内からピックアップ2401を通過する必要があり、ピックアップ2401の移動・

位置決めによるスループットの低下を防ぐこととなる。

1つのピックアップからは、1つのアライメントマーク2332の1方向のズレ量と、1点のギャップ量が検出されるだけなので、アライメントマーク2332の面内方向のズレ量とズレ方向、そしてアライメントマーク2332自身の回転を検出した後、或は、マスク2に対するウエハ3のティルトを計測するには、最低3ヶのピックアップによる計測が必要となる。本実施例においては、露光パターンを囲む4辺のスクライブライン2331上に設けられる各アライメントマーク2332に対応するように、互いに90°づつ位相をずらした4ヶのピックアップを配置する構成をとっている。第24図には、4ヶのピックアップ2401が露光ホール2430を囲んで配置される状態が示されている。

次に、先に大別した2つの機能のうちの残りの機能、すなわちピックアップ2401をアライメントマークの位置に応じて移動し、位置決めを行うピックアップステージ2411について説明する。

イン上のアライメントマークに対して、投光ビーム2307をアクセス可能なストロークを有している。 α 方向、 β 方向アクチュエータユニット2415、2416は、直進モーター、ロータリーエンコーダ、減速機械を基調配管を有するアルミ合金製のケーシングで密閉した構造をしており、露光シャッター装置1308のアクチュエータユニット同様、モーターおよび減速機で発生した熱は不図示の配管を通じ、チャンバー外に持ち出される。

ピックアップステージ2411の最上層の β 方向位置決めステージ2413には、ピックアップ2401とピックアップステージ2411を駆動するピックアップ支持部材2421が取りつけられている。このピックアップ支持部材2421はピックアップ2401の底面がピックアップ基準面2402より100μm程度浮上した状態に支持するもので、この状態でピックアップステージ2411の移動、位置決めを行なうが、アライメント計測の際には、ピックアップ2401をピックアップ基準面2402に密着固定する。このためピックアップ支持部材2421はX

ピックアップステージ2411の基本的な構造は、一般的な2輪ステージと同じ構造をとっている。すなわち、運動室内を組み込んだ2つの機器体を互いに直交させて積み重ね、各輪をそれぞれ別々のアクチュエータで駆動している。アクチュエータには一般にモーターが使用され、モーターの回転運動はねじ棒とナット等の伝達機構で直線運動に変換される。第24図において、露光ホール2430に対してピックアップ2401を直線方向に移動する輪を β 輪、直線方向に移動する輪を α 輪とすると、ピックアップステージ2411はピックアップステージ2411をマスク8ステージベース1901に固定するための固定ステージ2414、 α 方向アクチュエータユニット2415により駆動される α 方向位置決めステージ2412、 β 方向アクチュエータユニット2416により駆動される β 方向位置決めステージ2413の3層構造をなしている。本実施例においては、前記運動室内として剛性の高いクロスローラガイドを使用している。また、 α 輪と β 輪は、それぞれ、最小回角から最大回角までの任意のスクライブ

露光輪(Z 輪)方向、 α 輪回り、 β 輪回りの剛性を他の輪に比べ低くし、自由度を持たせている。ピックアップ2401のピックアップ基準面2402への密着固定は、ピックアップ支持部材2421に組み込まれたクランバユニット2422のブッシュロッド2423を天板1602(第16回参照)に押しつけ、その反力によりピックアップ支持部材2421を X 露光輪方向にたわませることによって達成される。なお、天板1602は、第16図に示すように、複数の柱1603を介してマスク8ステージベース1901に取り付けられている。本実施例においては、ブッシュロッド2423を駆動する力として空気圧を使用しており、各クランバユニット2422には各1本、計4本の配管(図示せず)がなされている。クランプ動作およびクランプ解除動作は、前記4本の配管を1本化した位置に設けられた1ヶのバルブのON/FFによって行われる。ピックアップ2401が密着固定されるピックアップ基準面2402は、マスク2がチャッキングされる面との平行度、平面度に關して高精度加工が施こられており、計測時

のマスク2に対するピックアップ2401の姿勢精度はこの加工精度によって決定される。本実施例においては、前記平面度は2μm以内に加工されており、こ ピックアップ基準面2402にピックアップ2401を密着させることによって、一般的の高精度室内環境より得られる姿勢精度の倍以上の高い姿勢精度が得られている。

以上説明したように、ファインアライメントシステム1302は、ウェハ3とマスク2のずれ量を検出するために使用されるが、これ以外にも、マスクチャック1807にセットされたマスク2の位置および所定の基準面に対するパターンの傾きの計測を行うマスクアライメントの際にも使用される。以下にこのマスクアライメントについて説明する。

本実施例におけるX線露光装置は、一般的にステッパーと呼ばれる露光装置に属するもので、1個もしくは数個のチップに相当するパターンを1つの単位として、移動と露光を繰り返してウェハ全面に焼き付けるものである。このような露光装置では、パターンの移動始、すなわち本実施例における

ウェハ3を設計位置に移動しても、マスク2上のアライメントマークとウェハ3上アライメントマークが大きく離れてしまい、アライメント信号を得ることができない場合がある。これを解決するには、ずれ量を検出する領域を大きくすれば良いが、一般に検出領域と検出分解能は相反する項目であるので、本装置のような高精度のアライメントを必要とする装置においては、検出領域を拡大するのは好ましいことではない。

上記の2点に代表される問題点を解決するためには、前述したマスクアライメントが有効である。マスクアライメントを、マスクパターン投影用の鏡・光レンズと一緒に固定された基準マークを行うことは、例えば特開昭59-89417号公報で検索されている。これに対し、本実施例では、基準マークをマスク上のパターンの傾きアライメントされるべき方向に 設するステージ1899(第18図参照)上に配置し、基準マークとマスク2上のマスクアライメント用マーク2340のズレ量を、ピックアップ2401を使用してファインアライメ

ントと全く同じ方法で検出するように構成している。また、マスク2がセットされて最初のマスク2とウェハ3のアライメントでは、マスク2が機械的にマスクチャック1807にチャツキングされただけであるために設計値に対して比較的大きくずれており、

シントと全く同じ方法で検出するように構成している。

以下、図面を用いて実施例について説明する。第18図において、1821が本実施例における機械原点となる底面基準マークであることはすでに述べた。この底面基準マーク1821は複数のマークから構成されており、その中の一つにマスクアライメント時の基準となる基準マーク(以下單に基準マーク1821と呼ぶ)がある。基準マーク1821は4ヶあるそれぞれのピックアップ2401に対応して4ヶ設けられるが、機械上1ヶのマークとみなすことができるよう配置がなされている。基準マーク1821は、先に述べたように、ウェハチャック1807と同様、Zテルトステージ1805に固定されたレーザ測長用ミラー1810上に配置されており、その意味で基準マーク1821はウェハ3上に焼きつけられるパターンの整列方向を与えるステージ装置1301の底面基準に沿って移動する1点とみなすことができる。従って、基準マーク1821を前記底面基準に沿って移動し定位される2点を結ぶ線分に対

してマスク2上のパターン輪が平行に るように、マスク2がチャッキングされているマスク0のブレート1912を駆動することによって、マスク2の四端方角のアライメントを行なうことができる。

実際には、前述の2点を結ぶ線分とマスク2上パターン輪の傾きは、マスク2上に所定の距離を隔てて設けられた2つのマスクアライメント用マーク2340と基準マーク1821との誤配部分に近づく方角のズレ量と、2つのマスクアライメント用マーク2340のピッチより求められる。第23図を用いて、マスク2上のマスクアライメント用マーク（以下マスクアライメントマークと呼ぶ）2340について説明する。

第23図には、ウエハ3と共に僅少ギャップを隔てて対面するマスク2の基板202が2点傾斜で示されている。基板202の四端パターンをとり囲むスクライブライン2331の外側に設けられている4ヶのマーク2340がマスクアライメントマークである。マスクアライメントマーク2340の配置は、パターンに対するマーク位置が正確に既知で

クアライメントによれば、マスク2上のパターンの輪を、パターンの整列方向を支配するステージ装置1301の座標輪を代表する基準マークの移動方向に直接合わせるように構成したので、極めて高精度にマスクアライメントを行うことができる。また、装置に対して固定の2点によってパターンをアライメントすべき輪を定義する方法では、ステージ装置1301の座標輪に対して、この2点によって定義される座標を高精度に機械的に合わせ込む調整が必要となるが、本実施例によれば、機械的に1点とみなせる基準マーク1821をレーザ測長用ミラー1810に搭載する作業では特別な調整は不要となる。これは特にフィールドにおけるサービス性の観点から重要なことである。

また、マスクアライメントマーク2340と基準マーク1821の構成を、ファインアライメント時のマスク上のアライメントマークとウエハ上のアライメントマークの關係と同じことにより、ファインアライメントシステム1302を使用して、ずれ量 検出を可能としたので、マスクアライメ

トすれば、原理的には、どこにあっても構わないが、本実施例においては、パターンの最大面角の充分外側に對向する2つ マークがマスク中心で直交する2 のパターン輪に關して対称な位置になるように、4つのマークを配置している。すなわち、面角や他の要因にかかわらず、マスクアライメントマーク2340の位置は常に一定とした。また、第16図および第24図に示されるように、ピックアップ2401上には、スクライブライン2331の外側の領域に不要なエラー1が測定しないようにこれを遮光する可動アーバーチヤ2404が設けられており、遮光によってマスクアライメントマーク2340がウエハ3に表示されることはない。

マスクアライメントマーク2340、基準マーク1821は、それぞれ、ファインアライメント時に使用するマスク、ウエハ上アライメントマーク2332と同様のパターンを有しており、2つのマークのずれ量の検出はファインアライメント時と同様の検出手段によって行われる。

以上説明したように、この実施例におけるマス

クアライメント専用の検出手段を必要とせず、装置の小型化、低価格化、高信頼性化に対しても効果がある。

さらに、この実施例においては、マスク上のパターンサイズにかかわらず、マスクアライメントマーク2340の位置を一定としたので、マスクアライメント時のピックアップ2401の計測位置も一定で、マスクにかかわらず、マスクアライメントにおけるピックアップステージ2411の停止位置は一定で、機械的には高精度な位置決め、またシーケンスに関しては簡略化に対して効果がある。

さらに、この実施例においては、ステージ装置1301の座標輪に対するマスク上のパターン輪の傾きを検出するため必要な2ヶのマスクアライメントマークに、さらに2ヶのマークを加え計4ヶのマークをパターンを囲むように配置したので、レーザ測長用ミラー1810の位置を計測している計測系からの位置データと、マスクアライメントマークと基準マークのずれ量から、パターン輪の傾きだけでなく、機械的にチャッキングされたマスク2上のパターンの正確な位置をX、Yの座標として知

ることもできる。

第25図はウエハ搬送系の外観図を示す。ウエハ搬送系はウエハ供給、回収エレベーター1303、イジエクター1304、オリフラ検知ステージ1305、ウエハトラバーサー1306の4つのユニットから構成されている。

ウエハ供給、回収エレベーター1303はウエハ供給エレベーター1303bとウエハ回収エレベーター1303aから成り、イジエクター1304との運動によりウエハ3を1枚づつ供給キヤリヤ2501から取り出し、回収キヤリヤ2502へ収納するものである。ウエハ供給エレベーター1303bとウエハ回収エレベーター1303aは、同一の部品構成になっていて、以下、ウエハ供給エレベーター1303bについて説明する。2枚のウエハ3が収納された供給キヤリヤ2501が、供給キヤリヤ置き台2503上の所定位置に置かれている。供給キヤリヤ置き台2503は供給エレベーターロッド2506と連結されており、供給エレベーターロッド2506をY方向に所定量移動させることにより、供給キヤリ

フラ検知ステージ1305から回収キヤリヤ2502へ収納するものである。イジエクター1304は、真空方式によりウエハ3を搬着するイジエクターハンド2512と、それを支持するイジエクターーム2513と、供給キヤリヤ2501から地面に水平に取り出したウエハ3を垂直に立てるイジエクターハンド2514を有する。イジエクターハンド2512はイジエクターZステージ2520上に搭載されている。また、イジエクター1304はイジエクターハンド2512に真空搬着されたウエハ3をオリフラ検知ステージ1305に授受する際に使用するイジエクターZ駆動部2519と、イジエクターハンド

2をX方向へ移動させるためのイジエクターハンド2517と、イジエクターX駆動ブーリー2518を回転させワイヤードライブするイジエクターX駆動部2516と、イジエクターハンド2512を供給エレベーター1303bと回収エレベーター1303aとオリフラ検知ステージ1305の3方向に向けるイジエクターハンド駆動部を有している。

H_e雰囲気を維持するウエハイジエクターチャン

ケ2501のY方向の位置決めを行う。供給エレベーターロッド2506のY方向への移動は、供給エレベーター駆動部2504と供給エレベーター送りネジ2505により運動のパルス送りを行い、供給ウエハ荷物検知部2507がウエハ3の荷物と誤検入を検知している。H_e雰囲気を維持するウエハロードチャンバー3109には、供給エレベーターロッド2506の円周部を真空シールするユニット（不図示）があり、供給エレベーター駆動部2504と供給エレベーター送りネジ2505は大気中に配置されている。供給エレベーター駆動部2504にはモーターの支持部材に水冷管（不図示）が通っている。回収エレベーター1303aも、供給エレベーター1303bと同じく、回収キヤリヤ置き台2508、回収エレベーター駆動部2509、回収エレベーターロッド2510、回収ウエハ荷物検知部2511、ウエハアンロードチャンバー3111を有している。

イジエクター1304は、供給キヤリヤ2501からウエハ3を取り出し、オリフラ検知ステージ1305へ供給すると共に、露光終了後のウエハ3をオリ

バー3107には、真空回転フィードスルー（不図示）があり、イジエクターX駆動部とイジエクターハンド駆動部は大気中に配置され、動力はフィードスルーを介して、ウエハイジエクターチャンバー3107内に導入されている。各駆動部のモーター支持部材には水冷管（不図示）が通っている。

オリフラ検知ステージ1305には、イジエクター1304より供給されたウエハ3のオリエンテーションフラットの位置を検知し、その配向を所定方向に設定する役割りと、露光後のウエハ3がイジエクター1304により回収される際の回収待機台の役割りがある。

オリフラ検知ステージ1305は、真空方式によりウエハ3を垂直に搬着できるオリフラ検知チャック2521と、時計、反時計方向共に無限回転できるオリフラ検知Bステージ2523と、それを駆動するオリフラ検知B駆動部と、X方向に動けるオリフラ検知Xステージ2527と、それを駆動するオリフラ検知X駆動部2526と、Y方向に移動できるオリフラ検知Yステージ2529と、それを

運動するオリフラ検知Y駆動部2528を有する。オリフラ検知Yステージ2529は、ウェハトラバーサー1306へのウェハ3の授受の際に、後述するウェハハンドとウェハ3の干涉がない位置まで+Y方向に移動できる。ラインセンサ検光系2524は、オリフラ検知チヤツク2521に吸着されたウェハ3のエッジを照明し、そのエッジのX方向の位置をラインセンサ2525により検出する。ウェハ3を0方向に一定速度で回転させながら、ラインセンサ検光系2524とラインセンサ2525により、一定時間ごとに前記検出を行い、後述する演算シーケンスにより、オリエンテーションフラットの位置とウェハ3のX、Y方向の位置ずれを検知し、この後、オリエンテーションフラットの方向はオリフラ検知0ステージ2523を運動して補正し、ウェハ3のX、Y方向の位置はオリフラ検知Xステージ2527、オリフラ検知Yステージ2529を運動して補正する。オリフラ検知ステージ1305は、メインフレーム1701に取付けられており、全てメインチヤンバー3101内のHe雰囲気中に配置され

動部2536によって、2方向へ移動させることによりウェハ3の授受を行う。但し、これらの駆動部2534、2535は、電動シリンダーでロッドがZ方向に伸縮する構成になっており、2つの駆動部2534、2535はオリフラ検知チヤツク2521とウェハチヤツク2531のウェハ交換位置に各々固定されていて、ウェハ3の授受の時だけロッドが伸縮し、通常はロッドは電動シリンダー内に収納されている。

また、ハンド2530、2531はロードXステージ2536とアンロードXステージ2537にそれぞれ搭載されており、オリフラ検知チヤツク2521とウェハチヤツク2531のウェハ交換位置までX方向に移動可能になっている。X方向の運動は、トラバーサー駆動ブーリー2539とテンションブーリー2540にスチールベルト2541を掛けて、トラバーサーX駆動部2538の動力をトラバーサー駆動ブーリー2539に伝達し、2つのXステージ2536、2537をベルトドライブする。X方向の運動の際2つのZステージ2532、2533はストロークを進えてあり、部品干渉が起こらないように構成されている。

ている。各駆動部のモーターの支持部材には水冷管（不図示）が通っている。

ウェハトラバーサー1306には、オリフラ検知ステージ1305でオリエンテーションフラット設定とX、Y方向補正の終ったウェハ3を、ウェハチヤツク1807にロードする役割りと、露光終了後のウェハ3をウェハチヤツク1807からオリフラ検知チヤツク2521にアンロードする役割りがある。ウェハトラバーサー1306は、ウェハ3を真空吸着方式により垂直に吸着できるロードハンド2530とアンロードハンド2531の2本のハンドを持っていている。ロードハンド2530は、オリフラ設定の終ったウェハ3をオリフラ検知チヤツク2521からウェハチヤツク1807にロードするハンドで、アンロードハンド2531は、露光終了後のウェハ3をウェハチヤツク1807からオリフラ検知チヤツク2521へアンロードするハンドである。2つのハンド2530、2531は、それぞれロードZステージ2532、アンロードZステージ2533に搭載されており、トラバーサーZ駆動部2534、トラバーサーZ駆

ウエハトラバーサー1306は全てメインフレーム1701に取付けられており、メインチヤンバー3101内のHe雰囲気中で使用される。ウェハトラバーサー1306の全ての駆動部のモーター支持部材には水冷管（不図示）が通っている。

第26図はマスク搬送装置1311（第13図参照）の概略図を示す。マスク搬送装置1311は、AAフレーム2604とメインフレーム1701の間に位置しているため、平面的な構成となっている。同図の中で、トラバースユニット2601は、マスク0ステージ1999とマスクカセット1310（第13図参照）との間を往復動作する駆動機構、マスクハンド2602はマスク2のハンドリングを行うロボットハンドである。これらとアームユニット2603の3つのユニットからマスク搬送装置1311は構成される。アームユニット2603は、マスクハンド2602をマスク0ステージ1999およびマスクカセット1310内のカセットステージ3001（第29図参照）に進入する方向に回転させる機構、ならびにマスク0ステージ1999上およびカセットステージ3001

上でマスクハンド2602を上下させる機構を有する。なお、トラバースユニット2601を駆動するトラバース用モーター2605には、モーターからの発熱を除去するための冷却水用パイプ2606が備えられている。また、マスク2のマスク0ステージ1999への位置決めは、マスク位置決めソブロック1906への突当てにより行う。

第27図はマスク搬送装置1311の図14について詳細に示したものである。同図において、トラバースユニット2601はトラバース用モーター2605によって駆動し、平ベルト2702を介して、リニアガイド2701上を駆動で往復搬送動作を行い、トラバース位置センサ2703でトラバース位置をモニタすることができる。アームユニット2603は、アーム旋回を行うモーター2707と不回転のギア、および旋回位置センサとマスクハンド2602の上下運動を行うモーター2706と不回転の偏心カムおよびZ位置センサ2704で構成されている。上記構成にて、マスクハンド2602によってハンドリングされるマスク2をマスク0ステー

2807はカセットロツクユニットを示す。これはカセット本体2801内のカセットロツク機構（後述する）を駆動するものである。本実施例では、カセットロツク機構の駆動部であるカセットロツクユニット2807が、カセット本体2801内ではなくカセット台2803内にある。従って、カセット本体2801がカセット台2803上にあるときのみ駆動力が伝達される。2806はテーブルを示す。テーブル2806はカセット本体2801のみをマスクローティング可能な所定の位置へ移動させるときのカセット本体2801用回転台である。2805はテーブル2806に上述した如くカセット本体2801を置せ、移動せしめるマスクカセットエレベーターである。2812はカセットエレベーターモーターで、駆動力伝達は、精密通りネジを使用しているが、駆動機構であれば本実施例以外の方式でもよい。

また、マスクカセットエレベーター2806はマスクチヤンバー3103の外にあり、ロッドをフィードスルーを通してテーブル2806に連結している。テーブル2806はマスクチヤンバー3103

リ1999上のマスク位置決めソブロック1906へ突当て位置決めするために、マスクハンド2602内の突当センサ2708の検出信号によってトラバースユニット2601は制御される。

マスク2が収納されているマスクカセット1310（第13回参照）のローディング機構について説明する。第28図において、2801は、本実施例で使用されるマスク2が収納されるカセット本体を示す。2802は、カセット本体2801を密閉するカセットカバーを示す。第29図において、カセット本体2801とカセットカバー2802を組合しマスクカセット1310とする。2803は、本装置の作業者が、マスク2の収納されたマスクカセット1310を搭載する口である。操作性を向上するため、マスクチヤンバー3103からオーバーハングして、第28図上でX方向へ引出しが可能である。2804はカバーロツクユニットを示す。本実施例に於いては、カバーロツクユニット2804はカセットカバー2802の端部を内側から押え込む。この操作は手動である。

内にある。

次に、カセット本体2801内のマスク2の選択機構を説明する。2809はインデクサーベースを示す。インデクサーベース2809はマスクチヤンバー3103へ締結している。2810はインデクサを示し、カセット本体2801の間欠回転運動を行う。インデクサ2810の出力軸はフィードスルーを通して、マスクチヤンバー3103に導入されている。2811はコネクティングユニットを示す。このユニット2811は本実施例のカセット本体2801のカセットステージ3001に電源を供給するためのユニットである。カセットステージ3001のマスク2搬送方式は磁気搬送方式で、着脱の際に磁気回路を駆動するための電源が必要となる。このとき、本実施例に於いては、カセット本体2801内に独自の電源を持たないためにコネクティングユニット2811がある。なお、カセット本体2801内に独自の電源がある場合は、開閉磁気回路の駆動部のみをカセット本体2801内に伝達すればよい。以上のユニットは、マスクチヤンバー3103に付帯しており、マ

スクチヤンバー3103とメインチヤンバー3101はゲート弁3102にて仕切られている。

次に、第29図に、カセットローディング途中の動作図を示す。この図によって本実施例のマスクカセット1310の位置決め方式を説明する。テーブル2806上に搭載されたカセット本体2801はマスクカセットエレベーター2805にて、上方に押し上げられる。2904はカセット本体とインデクサ2810のズレを補正するためのボスである。2902はカセット突き当面、2903はインデクサ突き当面をそれぞれ示す。マスクカセットエレベーター2805により、カセット突き当面2902とインデクサ突き当面が確実に当り、また、ボス2904にてズレが補正され、カセット本体2801の位置決めが行われる。2901は位置決めピンで、この位置決めピン2901がカセット本体2801の嵌合穴に入り、回転方向の位置決め銷り出しを行う。以上の構成により、マスクカセット1310の位置決めは高精度に行われる。本実施例では、回転位置決めを行う位置出し機構が上方に存在するが、テー

を示す。これらはそれぞれ3組設けられている。レバー3007はカバーロック爪3005とテーブルロック爪3006に連結しており、レバー3007の操作により、カバーロック爪3005とテーブルロック爪3006がスライドして、どちらか一方がカセット本体2801から突出出す。カバーロック爪3005はカセットカバー2802と連結し、カセット本体2801とカセットカバー2802を連結する。また、テーブルロック爪3006はテーブル2806と連結し、マスクカセットエレベーター2805が上昇する際に、安定してカセット本体2801を搬送することを可能とする。この両者の爪3005、3006を駆動するレバー3007は、カセット台2803内にあるカセットロックユニット2807によって駆動する。従って、カセット本体2801がカセット台2803上にあるときのみ、レバー3007へカセットロックユニット2807は駆動伝達が可能である。

第31図は本発明のX線露光装置における主要なチヤンバーの構成を示す側面である。本発明のX線

ブル2806内にあってもよい。但し、テーブル2806内に回転位置出し機構がある場合、エレベーター2805での回転ガタ成分は、高精度に取り除かなくてはいけない。

次に、第30図でマスクカセット1310について説明する。この図において、3002はカセットステージマスクチヤックを示す。カセットステージマスクチヤック3002はカセットステージ3001内に埋め込まれており、本実施例では、マスク2を複数に配置するため、複数枚方式を用いている。更に、カセットステージ3001はカセット本体2801内に放射状に配置されている。

3003、3004はそれぞれシールを示す。シール3003、3004はカセットカバー2802についており、カセット本体2801を開閉するために設けてある。カセット本体2801とカセットカバー2802が結合すると、マスクカセット内は、これらのシール3003、3004によって実質的に密閉される。

第30図について説明する。3005はカバーロック爪、3006はテーブルロック爪、3007はレバー

露光装置において、マスク2、ウェハ3の保持機構、及びマスク2、ウェハ3両者の位置合せ機構、さらにマスク2、ウェハ3の搬送機構が所定の圧力に絶圧したHe等離気中におかれ。以下に各チヤンバーの構成を詳細に述べる。

メインチヤンバー3101には、メインフレーム1701、AAフレーム2604及びそれらに固定されたステージ装置1301、ステージの計測光学系1312ブリ及びファインアライメントシステム1307、1302、マスク搬送装置1311、及びオリフラクションステージ1305が収納されている。メインチヤンバー3101にはシャッターチヤンバー3104、ブリAAチヤンバー3106、ウェハイジエクターチヤンバー3107が接続され、さらに、マスクゲートバルブ(以下MKGV)3102を介してマスクチヤンバー3103が接続されている。シャッターチヤンバー3104には露光シャッターワーク1308が収納され、Be窓3512を介してX線のミラーポート3105が接続されている。ブリAAチヤンバー3106には、ブリアライメントシステム1307が収納されている。マス

クチヤンバー-3103には、インデクター-2810、エレベーター駆動ユニット2805を除くマスクカセットローダー-1309が収納されている。ウェハイエクターチヤンバー-3107にはエ、エの駆動ユニット2816、2818を除くウェハトラバーサー-1304が収納されており、また、対向する位置に、ウェハロードゲートバルブ(以下WLGV)3108を介してウェハロードチヤンバー-3109、ウェ・アンロードゲートバルブ(以下WUGV)3110を介してウェハアンロードチヤンバー-3111が接続されている。ウェハロードチヤンバー-3109とウェハアンロードチヤンバー-3111には、それぞれ供給エレベーター駆動部2504、回収エレベーター駆動部2509を除くオリフラクタステージ1303が収納されている。

本発明のX線露光装置においては、露光は減圧したHeガス圧気中で行われる。この場合、チヤンバー内はいったん所定の真空中まで真空排気された後、露光時の所定の圧力までHeが充填されることになる。さらに、本発明においては、マスク2、ウェハ

ポート側の超高真空との差圧以上の圧力はかかりず、なおかつ急激な圧力変動が生じない絶縁気系とする必要がある。

以上の3つの条件を満たす絶縁気系全体のプロツク図を第32図に、ウェハロードロック部の詳細図を第33図に、マスクロードロック部の詳細図を第34図にメインチヤンバーの圧力・純度維持及びBe窓まわりの詳細図を第35図に示す。以下に各図の説明を行う。

第33図はウェハロードロック機構の詳細図である。第31図で説明した様に、メインチヤンバー-3101にはウェハイエクターチヤンバー-3107が接続され、ウェハイエクターチヤンバー-3107にはWLGV3108を介してウェハロードチヤンバー-3109が、またWUGV3110を介してウェハアンロードチヤンバー-3111が接続されている。ウェハロードチヤンバー-3109、ウェハアンロードチヤンバー-3111には駆動部を除くウェハ供給回収エレベーター-1303が収納されている。ウェハロードチヤンバー-3109、ウェハアンロードチヤンバー-3111には、

3の絶縁系を含む装置の大部分が、同一Heガス圧気圧に置かれる。本発明のX線露光装置においては、以下の条件を満足する必要がある。

①露光時の減圧Heガス圧気の圧力及び純度が変動した場合、X線の通過率が変動し、露光量が変化する。したがって、露光中のHeガス圧気の圧力及び純度を高精度に管理・維持する必要がある。②マスクカセット1310あるいはウェハキヤリヤ2501、2502を交換する際、装置全体を大気開放していたのでは、スループットが著しく低下する。したがって、第31図におけるマスクチヤンバー-3103、ウェハロードチヤンバー-3109及びウェハアンロードチヤンバー-3111はそれぞれメインチヤンバー-3101とは独立して大気開放、真空排気、He導入が可能とする必要がある。③さらに、光源であるSORからミラーを経て、Be窓3512までの露光気は超高真空中であり、Be窓はHeガス圧気との圧力隔壁となっている。このBe窓はX線の吸収を考えれば、できる限り薄くしたい。従って、いかなる場合もBe窓の両側には露光時のHe圧力とミラー

排気系として、それぞれ、ウェハロードバイパスバルブ(以下WLBPV)3301、ウェハアンロードバイパスバルブ(以下WUBPV)3302を介して、1~0.1Torrまでの粗排気を行う粗排氣油回転ポンプ(以下RORP)3303が接続され、ウェハロードメインバルブ(以下WLMNV)3304、ウェハアンロードメインバルブ(以下WUMNV)3305を介して、He置換に必要な所定の真空中での排気を行う主排氣ターボ分子ポンプ(以下MNTMP)3306が接続されている。さらに、ウェハロードチヤンバー-3109及びウェハアンロードチヤンバー-3111には、He、N₂、Air供給気系として、それぞれ、ウェハロードHe導入用バルブ(以下WLHeV)3308、ウェハアンロードHe導入用バルブ(以下WUHeV)3309を介してHeが、ウェハロードN₂導入用バルブ(以下WLN₂V)3310、ウェハアンロードN₂導入用バルブ(以下WUN₂V)3311を介してN₂が、ウェハロードリークバルブ(以下WLLV)3312、ウェハアンロードリークバルブ(以下WULV)を介してAIRが、チヤン

バー内に導入可能となっている。さらに、ウェハロードチヤンバー-3109及びウェハアンロードチヤンバー-3111には、それぞれ、ウェハロード圧力計3314、ウェハアンロード圧力計3315が接続され、各チヤンバーの圧力を知ることができる。

以上の構成で、WLGV3108あるいはWUGV3110を閉じれば、ウェハロードチヤンバー-3109あるいは、ウェハアンロードチヤンバー-3111は、ウェハイジエクターチヤンバー-3107とは切り離され、他のチヤンバーとは独立して、真空排気及びHe、N₂、Airの導入が可能となる。従って、例えば、ウェハロードチヤンバー-3109内のウェハイヤリヤ2501を交換する場合、まずWLGV3106を開じた後、WLN₂V3310を開いてN₂を760Torrまで導入する。その後、WLLV3312を開いてAirを導入し、チヤンバー内の圧力を装置周囲の大気圧と等しくして扉を開き、供給キヤリヤ2501を交換する。交換終了後は、RORP3303により、例えば、0.1Torrまで粗排気後、MNTMPS306により所定の真空中度まで排気する。その後、WLHeV3308

が接続されている。さらに、マスクチヤンバー-3103には、He、N₂、Airの吸気系として、マスクHe導入用バルブ(以下MKHeV)3403を介してHeが、マスクN₂導入用バルブ(以下MKN₂V)3404を介してN₂が、マスクリークバルブ(以下MKLV)3405を介してAirが、チヤンバー-3103内に導入可能となっている。

以上の様な構成でMKGV3102を開じれば、マスクチヤンバー-3103はメインチヤンバー-3101とは切り離され、他のチヤンバーとは独立して、真空排気及びHe、N₂、Airの導入が可能となる。従って、マスクカセット1310を交換する際は、MKGV3102を開じた後、MKN₂V3404を開いて、N₂を760Torrまで導入。その後、MKLV3405を開いて装置周囲の大気圧とチヤンバー-3103内の圧力を等しくし、扉3430を開き、マスクカセット1310を交換する。交換終了後は、RORP3303により、例えば0.1Torrまで粗排気後、MNTMPS306により所定の真空中度まで排気する。その後、MKHeV3403を開いて、所定の圧力までHeを充電した後、MKGV3102

を開いて、所定の圧力までHeを充電した後、WLGV3108を開いて交換終了となる。ウェハアンロードチヤンバー-3111内のウェハイヤリヤ2502を交換する場合も同様である。

以上の様に、ウェハイヤリヤ交換の際、装置全体の雰囲気を破ることなく、必要最小限の大気開放で交換可能となる。

第34図はマスクロードロック機構の詳細図である。第31図で説明した様に、メインチヤンバー-3101にはMKGV3102を介してマスクチヤンバー-3103が接続されている。マスクチヤンバー-3103には、インデクサ2810、エレベーター2805を除いたマスク供給回収エレベーター1309が取付けられている。ウェハロードロック機構において説明したのと同様に、マスクチヤンバー-3103には排気系としてマスクバイパスバルブ(以下MKBPV)3401を介して、大気圧から～0.1Torrまでの粗排気を行うRORP3303が接続され、マスクメインバルブ(以下MCMNV)3402を介して、He導換に必要な所定の真空中度までの排気を行うMNTMP3306

を開いて交換終了となる。以上の様に、本実施例によれば、マスクカセット1310の交換が装置全体の雰囲気を破ることなく必要最小限の大気開放で交換可能となる。

第35図は、メインチヤンバー-3101及びBe窓3512まわりの給排気系の詳細図である。

メインチヤンバー-3101には、メインチヤンバーバイパスバルブ(以下MCPBV)3501を介して大気圧から1～0.1Torrまでの粗排気を行うポンプRORP3303が接続され、メインチヤンバーメインバルブ(以下MCMNV)3502を介してHe導換に必要な所定の真空中度まで排気を行うポンプMNTMP3306が接続されている。さらに、給排気系として、流量調節弁3503及びメインチヤンバーHe導入用バルブ(以下MCHeV)3504を介してHeが、メインチヤンバーN₂導入用バルブ(以下MCN₂V)3505を介してN₂が、メインチヤンバーリークバルブ(以下MCLV)3506を介してAirが導入可能となっている。

次に、露光時の圧力・純度管理について説明す

る。前に述べたが、電光中の He 蒸留気の圧力及び純度の変動による X 線通過率の変動をおさえるため、圧力・純度を高精度に維持する必要がある。従って、本実施例では、メインチャンバー 3101 内にもれ込む不純ガスによる He 純度の低下を防ぐように一定量の He を漏し続けると共に、圧力の変動をバルブの開度を変えることにより一定に保つようとする。第 36 図において示す様に、メインチャンバー 3101 には、前に述べた He 蒸留用の 2 つのポンプ、RORP3303, MNTMP3306 の他に、電光中の He 蒸留気の圧力維持のために、ガスコンコントロールバルブ（以下 GCCV）3507 及びガスコンメインバルブ（以下 GCMNV）3508 を介して、ガスコン油回転ポンプ（以下 GCRP）3509 が接続されている。また、メインチャンバー 3101 にはメインチャンバー圧力計 3510 が接続されている。ガスコンコントローラ 3511 はメインチャンバー圧力計 3510 の信号により、バルブ GCCV3507 の開度を変化させ、メインチャンバー 3101 内の圧力を維持する。

状態にすることが可能な構成となっている。この構成により、装置立上げ時に、大気圧から真空を経て、He を所定の圧力まで充填する場合や、メインチャンバー 3101 や Be 室 3512 をメンテナンスする時に、装置を大気開放する場合に第 1 BeBPV 3513 を開いておけば、Be 室 3512 に差圧をかけることなく、真空排氣あるいは大気開放が可能となる。

さらに、電光時、Be 室 3512 の片側に圧力がかかった状態、つまりメインチャンバー 3101 内が大気圧以下に減圧した He で、ミラーポート 3105 が真空の状態では、Be 室 3512 は差圧を受けてかなり、わんでおり、第 1 BeBPV 3513 を開いて、急に Be 室 3512 の差圧を解除したのでは、Be 室 3512 に与えるダメージが大きい。従って、第 1 Be バイパス管 3520 と並行して、第 1 BeBPV 3513 の両側を越ぐ様に、流体抵抗の大きな Be コンダクタンス管 3515 及び第 2 Be バイパスバルブ（以下 第 2 BeBPV）3514 を備えた第 2 Be バイパス 3521 を接続する。第 36 図の構成において、Be 室 3512

灰に、Be 室 3512 からミラーポート 3105 までの装置気系について説明する。第 36 図に示す様に、メインチャンバー 3101 から SOR へ向って、シャッターチャンバー 3104、Be 室 3512、ミラーポート 3105、第 1 ミラーポートゲートバルブ（以下第 1 MPGV）3516、第 2 ミラーポートゲートバルブ（以下第 2 MPGV）3517 が順に接続されている。第 2 MPGV 3517 の先は第 1 図に示すようにビームダクト 121 を介してミラーユニット 101 に接続されている。Be 室 3512 は、X 線の吸収を考えると可能な限り薄いことが望ましい。前述した様に、本発明の X 線電光装置は電光時にチャンバー 3101 内に大気圧以下に減圧した He を充填する。従って、Be 室 3512 を極力薄くするには、Be 室 3512 がうける差圧は、電光時の減圧 He の圧力以上かからない様にすることが望ましい。第 36 図に示すとおり、本実施例では、ミラーポート 3105 とメインチャンバー 3101 とを、第 1 Be バイパスバルブ（以下第 1 BeBPV）3513 を備えた第 1 Be バイパス管 3520 で離ぎ、Be 室 3512 の両側を通過した

の両側を通過させて差圧をなくす場合は、まず、第 2 BeBPV 3514 を開いて徐々に差圧を解除し、その後第 1 BeBPV 3513 を開いて完全に差圧を無くす。

また、第 36 図に示す様に、第 1 MPGV 3516 の両側は、ミラーポートバイパスバルブ（以下 MPBPV）3518 を備えたミラーポートゲートバルブバイパス管 3522 で接続している。従って、電光を長時間行わない場合は、第 1 MPGV 3516 を閉じ、バルブ MPBPV 3518 を開いて、ミラーポートの真空度を確保し、尚かつメインチャンバー 3101 の突起のリーケによる Be 室 3512 の破壊によって生じる SOR 側への影響を極力小さくする構成とする。

次に、本実施例の電気制御系を説明する。第 36 図において、3601 は各種制御情報の表示、入力および蓄積をするところのコンソールユニット、3602 は電光装置全体のシーケンスを中央制御するところのメインユニット、3603 はエハ 3 およびマスク 2 の搬送を制御するところの搬送ユニット、3604 は電光装置の主たる機能であるステップ電光とア

ライメントを制御するところの本体制御ユニット、3605は露光装置を最高な温度、気圧、ガス露固気下におくための制御をするところの環境制御ユニット、3606は露光に供するX線をマスク面に照射するためのX線ミラーの制御をするところのミラー制御ユニット、3607はユニット相互の通信を中心、交換するところのネットワークコントローラ、3608a～3608fは、ユニットとネットワークコントローラ3607とを結ぶ通信路である。

第37図にコンソールユニット3601を詳細に示す。この図において、3701は露光装置の制御にかかる各種のデータの表示と入力をするところのターミナル、3702は露光装置の制御にかかる各種のデータを蓄積、保存しておくところである記憶装置、3703は本コンソールユニット3601を中央制御するところのミニコンピュータ本体、3704は通信路3608aを介して他のユニットと通信するためのネットワーク・インターフェイスである。

第38図にメインユニット3602を詳細に示す。この図において、3801は本メインユニット3602

の中央制御をするところのメインプロセッサ、3802は露光装置と操作者とのインターフェイスをするところのパネルスイッチ、3803は通信路3608bを介して他のユニットと通信するためのネットワーク・インターフェイスである。

第39図は本体制御ユニット3604のブロック図である。本ブロックはアライメント系に属して、4つのピックアップ2401(第24図参照)を2輪方向(a輪、b輪)に位置決め制御するピックアップステージ制御部3906、ウェハ3をアライメント、ブリAFするためのブリAA、AF制御部3907、ウェハ3とマスク2の平面上の位置ずれおよび平行出しを行うためのファインAA、AF制御部3910a～d、露光シャッター装置1308(第13図参照)所定の補正駆動バターンで駆動するためのシャッター制御部3913、ウェハX、Y粗動ステージ1710、1705(第17図参照)、およびウェハ粗動ステージ1899(第18図参照)を位置決め制御するためのステージ制御部3918、ならびに、第1X線検出部3914、第2X線検出部3915を

有する。さらには、X線1に対する露光ユニット102の姿勢を一定に保つ様制御する映像系制御部3905が接続されている。本体コントロールユニット3902は所定のシーケンスを行なうプログラムがストアされており、このシーケンスに従って上記各制御部を動作させるコントロール部分である。また、本体コントロールユニット3902は上位のメインユニット3602と通信路3608d、通信I/F3901を介して接続されており、データの授受を行う。同出の各制御部のうち映像系制御部3905は、通信I/F3903bを有していて、本体コントロールユニット3902側の通信I/F3903と通信路3904を介して接続されている。本構成により各制御部を独立動作かつ階層化させることが可能である。

以上の構成は、ファインAA、AF制御部3910に関する各通信I/F3908a、bおよび通信路3909、シャッター制御部3913に関する各通信I/F3911a、bおよび通信路3912、およびステージ制御部3918に関する各通信I/F3916a、bおよび通信路3917

に関するすべて同様である。なお、本体コントロールユニット3902とのデータ授受に関しては、ピックアップステージ制御部3906では4つのピックアップステージ2411の各々の駆動量がダウンロードされる。ブリAA、AF制御部3907ではブリAFにて計測されるギャップ量とブリAAにて検出されるブリアライメントマークの中心位置が、また、ファインAA、AF制御部3910a～dではマスク2とウェハ3のずれ量(ΔX_a 、 ΔX_b 、 ΔX_c 、 ΔX_d)、(ΔY_a 、 ΔY_b 、 ΔY_c 、 ΔY_d)、およびギャップ量(Z_a 、 Z_b 、 Z_c 、 Z_d)が本体ユニットコントローラ3902へアップロードされる。シャッター制御部3913ではシャッター駆動テーブルがダウンロードされ、ステージ制御部3918では粗動、微動ステージ、マスクステージの各軸の駆動量が本体コントロールユニット3902からダウンロードされる。

次に、第1X線検出部3914については、露光シャッター装置1308の構成品であるX線强度計1641からの出力を増幅して、X線强度値を本体

コントロールユニット3902に受け渡す。同時に、第2X線検出部3916については、ウェハ位置ステーション1899上に設置されたX線ディテクター1881で計測されるX線強度を入力して、もし、X線強度値を本体コントロールユニット3902に受け渡す。また、除振系制御部3906は、設定された露光ユニット102の姿勢が所定の許容値からはずした場合に、本体コントロールユニット3902へ異常通知を発する。

第39図におけるファインAA, AF制御部3910a～dを詳細に説明する。なお、4ブロックあるファインAA, AF制御部3910a～dは、同一構成を保るので、以下の説明ではひとつのブロックについて説明する。

第40図はファインAA, AF制御部3910a～dの構成を示す図である。本図の光学系のブロックは第23図を省略した図である。

第40図において、3909は第39図における本体コントロールユニット3902と連絡する通信線、3908bは通信線3909から送られる命令を受け

メント情報及びギャップの情報をもった受光ビーム、4005aはマスク上AAマーク4007aとウェハ上AAマーク4007bにより構成される光学系によって得られるアライメント情報をもつた光束であるAAスポット、4005bはマスク上AFマーク4006とウェハ3により構成される光学系によって得られるギャップ情報をもつた光束であるAFスポット、2321はアライメント情報をもつた光束であるAAスポット4005aを受光し電気信号に変換する例えばCCD等のラインセンサであるAAセンサ、2322はギャップ情報をもつた光束であるAFスポット4005bを受光し電気信号に変換する例えばD等のラインセンサであるAFセンサ、4002aはAAスポット4005aを受光し電気信号に変換するAAセンサ2321の出力を増幅するプリアンプ、4002bはAFスポット4005bを受光し電気信号に変換するAFセンサ2322の出力を増幅するプリアンプ、4003はAAセンサ2321の出力を増幅するプリアンプ4002aの出力を処理しアライメント情報を計算しそしてさらにAFセンサ2322の出

アライメント情報やギャップ情報を送る通信I/F、4004は通信I/Fから命令を受けアライメント計画やギャップ計画を行う信号を作り、そしてアライメント情報やギャップ情報を通信I/F3908bに送るファインAA, AFインターフェイス部、4001はファインAA, AFインターフェイス部4004が決定する光出力で半導体レーザ2301を駆動するファインAA, AFレーザダイオード駆動部、2301は発光素子である半導体レーザ、2302は半導体レーザ2301から出力される光束を平行光にするコリメータレンズ、2307は半導体レーザ2301から出力される投光ビーム、4006はマスク2上に金等で半導体回路パターンと共に書かれているAFマーク、4007aはマスク2上に金等で半導体回路パターンと共に書かれているマスク上AAマーク、4007bはウェハ3上に前記光シロットで半導体回路パターンと共に半導体プロセスで焼かれているウェハ上AAマーク、2308はマスク上AAマーク4007aとウェハ上AAマーク4007bそしてAFマーク4006とウェハ3により構成される光学系によって、アラ

カを増幅するプリアンプ4002bの出力を処理しギャップ情報を計算するファインAA, AF信号処理部である。

第40図において、アライメント情報（マスクとウェハずれ）は以下のように求めることができる。ファインAA, AFレーザダイオード駆動部4001は、ファインAA, AFインターフェイス部4004により設定される光出力で半導体レーザ2301をAAセンサ2321が检测しない範囲の十分大きな光出力で駆動する。そして、半導体レーザ2301を出射した光束は、コリメータレンズ2302通過後、投光ビーム2307となりマスク上AAマーク4007aを通過しウェハ上AAマーク4007bで反射され受光ビーム2308となりAAスポット4005aとしてAAセンサ2321に入射する。

ダブルグレーティング物理光学素子となるマスクAAマーク4007aとウェハAAマーク4007bはマスク2とウェハ3の間のずれを、例えば100倍に拡大してAAスポット4005aのずれ（位置）とする事ができる。AAスポット4005aを受光し

たAAセンサ2321の出力は、プリアンプ4002aで増幅されファインAA,AF信号処理部4003に入力される。ファインAA,AF信号処理部4003は、AAセンサ2321に入射したAAスポット4005aの位置をその重心を利用して求める。そして、AAスポットの重心のずれ(位置)を例えば1/100倍することによりマスクAAマーク4007とウエハAAマーク4007bすなわちマスク2とウエハ3とのずれを求める。

つぎに、ギャップ情報は、第40図において以下のように求めることができる。ファインAA,AFレーザダイオード駆動部4001は、ファインAA,AFインターフェイス部4004により設定される光出力で半導体レーザ2301をAFセンサ2322が检测しない範囲の十分大きな光出力で駆動する。そして半導体レーザ2301を出射した光束は、コリメータレンズ2302通過後、投光ビーム2307となりAFマーク4006を通過しウエハ3で反射され受光ビーム2308となりAFスポット4005bとしてAFセンサ2322に入射する。

1/F3908bと通信線3902を通じて本体コントロールユニット3902に送信する事ができる。

第41図はプリAA,AF制御部3907のブロック図である。本ブロックはプリAF制御系、プリAA制御系より構成されている。プリAF制御系に関して、レーザダイオード2119(第21図参照)の発光光量は、プリAFインターフェイス部4101からのレーザダイオード駆動部4102への電圧設定により決定される。PSO2124(第21図参照)はウエハ3からの反射光を受光する。その出力はセンサ入力部4103において増幅される。プリAFインターフェイス4101は、その出力に基づいたウエハ3の位置に相当するギャップ値を上位の本体コントロールユニット3902にうけ渡す。

次に、プリAA制御系においては、プリAAインターフェイス部4104においてハロゲンランプ4107の光量を設定して、ハロゲンランプ駆動部4106よりランプ電圧を出力する。ハロゲンランプ4107の光は光ファイバー2101(第21図参照)を通してウエハ3に照射され、ウエハ3で反射されたプリア

マスク2上に2種類のグレーティングレンズとして構成されたマスクAFマーク4006は、マスク2とウエハ3との面間隔を、例えば15倍に拡大してAFスポット4005bのずれ(位置)とする。AFセンサ2322の出力はプリアンプ4002bで増幅されファインAA,AF信号処理部4003に入力される。ファインAA,AF信号処理部4003は、AFセンサ2322に入射したAFスポット4005bの位置をその重心を利用して求める。そして、AFスポット4005bの重心の位置を例えば1/15倍することによりマスクAFマーク4006とウエハ3すなわちマスク2とウエハ3の面間隔を求める。

ファインAA,AF信号処理部4003は、アナログ回路で実現しても良いし、プリアンプ4002a,4002bの出力をアナログデジタル変換器(図示せず)でデジタル化した後でマイクロコンピュータ等でデジタル処理しても構わない。また、ファインAA,AFインターフェイス部は、本コントロールユニット3902の指示により、アライメント情報を求める必要に応じて通信

アライメントマーク7503あるいは7504(第75図参照)の像は、白黒カメラ2117で撮像される。白黒カメラ2117からのビデオ出力は、TVプリAA信号処理部4105へ入力される。ここでは、対物レンズ2106を基準位置としてプリアライメントマークの中心位置を画像処理により検出する。中心位置はプリAAインターフェイス部4104を介して本体コントロールユニット3902にうけ渡される。

第42図は、第24図にて掲載のα方向アクチュエータユニット2415及びβ方向アクチュエータユニット2413をコントロールする電気ブロックと、ピックアップ2401のメカクラップを制御する電気ブロックを示している。

第39図にて掲載のピックアップステージ制御部3906は、ピックアップステージコントロールユニット4201~4(4基分)と、ピックアップヘッドクラップ制御部4205より成っている。ピックアップステージコントロールユニット4201~4は、α方向、β方向アクチュエータユニット2415,2413

のドライバであるα始駆動部4206a～d、及びβ始駆動部4207a～dに対して、運動距離に相当するパルス数を出力する機能、及び同一パルスの払い出しのタイミングを、本体コントロールユニット3902から転送された目標位置からピックアップ2401に衝撃を与えないような台笠駆動パターンとして作成する機能を有している。

α始駆動部4206a～d及びβ始駆動部4207a～dは、DCモーター用のドライバであって、本体コントロールユニット3902からの命令によりケーブルループを切ったりする事も可能である。ピックアップヘッドクランプ駆動部4205は、ピックアップ2401のピッチング、ローリングによる位置制御誤差を抑制する目的でピックアップ基準面2402に押しつける為に用いるアクチュエータの駆動部4208、及びこの状態の確認を行うためのセンサ部4209により成っている。本実施例に関しては、第24図の説明におおいて既述の通り、ピックアップ2401の押しつけについて操作する圧縮空気の不図示の電磁弁は、4基のピックアップステー

程において、CPU4307はシャッター駆動テーブルに対し數値的な処理を加える事も可能である。パルスジエネレータ4301とパルスジエネレータ4302はCPU4307より見たアドレス配置が異なるのみであり、同一の機能を有している。

パルスジエネレータ4301、2の駆動テーブルメモリ部4402に転送されたシャッター駆動テーブルは、CPU4307からの起動命令により、読み出しが開始され、メモリデータ量に比例したパルス周囲の出力パルスが、シャッター用のアクチュエータドライバであるメインシャッター駆動部4303及び補助シャッター駆動部4304に対して送り出される。出力されるパルスとパルスの間隔は駆動テーブルメモリ部にストアされたデータの1ワードの内容に相当する。このためメインシャッター駆動部4303や補助シャッター駆動部4304に用いるアクチュエータドライバ内に走りパルスが発生する事は好ましくない。従って、同ドライバとしては、例えばマイクロステップパルスモータードライバ、又はPLL方式DCモータードライバ等を使用する。

ジ2411について1個である。これに対し押しつけ状態確認のためのセンサ(不図示)は、ピックアップステージ各基について装備されているので、センサ部4209は合計4チヤンキルの入力を有している。

第43図は第16図において掲載のメインシャッターユニット1501、補助シャッターユニット1502、及びX線照度計1541を搭載したキャリッジ1542を位置決めするアクチュエータユニット1547を制御する電気ブロック図である。シャッター制御部3913は第39図中に掲示した本体コントロールユニット3902により通信1/F3911a、bを介して制御され、専用のCPU4307も備えている。均一露光量を実現するためのシャッター駆動テーブルは、ソーステーブルメモリ4308に格納されている。CPU4307はソーステーブルメモリ4308に格納されているシャッター駆動テーブル群より適切なシャッター駆動テーブルを選択し、パルスジエネレータ4301、2内の駆動テーブルメモリ部4402(第44図参照)に転送する。この転送の過

本実施例においてはアクチュエータとして5相マイクロステップパルスモーターを用い、ドライバとして5相マイクロステップパルスモータードライバを用いている。

シャッターポジション信号入力部4305は、第15図におけるフォトインタラプタ1537、タイミングセンサ1536等の信号を取り入れるインターフェイスである。この信号を取り込む事によりCPU4307はステールベルト1513、1517の位置を把握するので、駆動ドラム1511、1515とステールベルト1513、1517間の擦りによる誤差が累積されることがない。X線ディテクタキャリア制御部4306は、第15図におけるX線照度計1541を搭載したキャリッジ1542を位置制御するためのアクチュエータユニット1547を制御する電気ブロックである。

第44図は第43図にて掲載のパルスジエネレータ4302の回路ブロック図である。パルスジエネレータ4302はシャッター駆動部3913内のCPU4307とバスライン4401を共有する。駆動テーブルメ

モリ部4402は、CPU4307によってソーステーブルメモリ4308から転送されたシャッター駆動テーブルを格納する場所である。命令コードメモリ部4404は、シャッター駆動テーブル読み出し

令とかパルス払い出し停止といった動作モードを命令コードとしてプログラムする場所である。命令コードはCPU4307がPI/04405より出力するトリガ及び遷移座標メモリ部4403にストアされた遷移座標値に現在位置カウンタのカウント値が達した時に出力される一致信号4418により、新たなものがフェッチされる。インストラクションカウンタ4410はこれらのトリガ信号及び一致信号4418をカウントし、そのカウント値を遷移座標メモリ部4403と命令コードメモリ部4404のフェッチアドレス4416として供給する。インストラクションコード4408は命令コードメモリ部4404より出力される命令コード4417をデコードし、パルス発生ロジック4407を制御する制御線4414をドライブする。パルス発生ロジック4407は、本実施例においては、16bitのダウンカウン

ンストラクションカウンタ4410や現在位置カウンタ4409のカウント値をリセットする制御線を与える。又、同PI/04405の入力線より現在位置カウンタ4409のカウント値やインストラクションカウント値及びパルス発生ロジック4407のステータスをバスライン4401を通してCPU4307側に読み込む事が可能である。

第45図のステージ制御部3918は、第17図に示すステージユニットを位置決め制御するためのもので、ステージの位置と姿勢の補正計算、シーケンス動作制御等の演算、データ処理、通信を行う。このステージ制御部3918は、CPU4501、メモリ4502、本体コントロールユニット3902と相互にデータ、コマンド、ステータス等のやり取りを行うために通信路3917を介して接続される通信インターフェイス3916b(第39図参照)と、ステージ各軸の位置決め精度、時間、現在位置モニター等を行う計測コンピュータ4505を接続するIEEE488インターフェイス4504aと、レーザ測長器4513a, bのイニシャライズ、データ・コマ

タとランダムロジックにて構成されている。発振回路4406は上記16bitダウンカウンタのクロップとして使われている。ダウンカウンタがディクリメントを続けて「0」になると、次のクロップで駆動テーブルメモリから16bitのシャッター駆動テーブルデータ4411がロードされると同時に、アクチュエータドライバに供給されるREF信号4412が出力される。

現在位置カウンタ4409は、パルス発生ロジックから出力されるREF信号4412とPI/0から出力される方向指示信号(DIR信号)4420より、駆動対象物の位置をカウントする。このカウント値は駆動テーブルメモリ部4402の読み出しアドレス4413として出力され、さらに遷移座標メモリ部4403から出力される遷移座標データ4415とコンバートされ、一致／不一致出力4418をインストラクションカウンタ4410のカウントアップクロック4418として出力する。PI/04405からの出力4419は命令コードのフェッチアドレスを進めたり、パルス出力を非常停止させたり、イ

ンド、ステータス等を通信するためのIEEE488インターフェイス4504bと、ステージのチルト成分w_x, w_yをレーザ測長器4513bから読み込むためのレーザ測長器インターフェイス4506a, bと、X電動シリンド1712とY電動シリンド1707(第17図参照)を制御指令する粗動コントローラ4507a, bと、Z・チルト駆動用インチワーム1813(a, b, c)、θ粗動インチワーム用ピエゾ素子1815、マスクθステージ1999の制御指令するパルスジェネレータ4508a～dと、微動ステージ1899を位置決め制御するサーボコントローラ4509a, b, cと、粗動ステージ1705の重力補償を行うためのバランス用圧力指令ボード4510から構成されるステージコントロールユニット3918aと、電動シリンド1712, 1707を駆動するDCモータードライバ4514a, bと、Z・チルト用インチワーム1813(a, b, c)、θ粗動インチワーム用ピエゾ素子1815、マスクθステージ1999の位置ファイドバック制御を行うためのインチワームコントローラ4515a～dと、微動ステージ1999を制御する

輪番回路を含むピエゾコントローラ4516a, b, cから構成される輪番回路ユニット3918cと、Xレーザ測長系のレーザ光が切れた時に使用する光学スケール4623用の光学スケールブリアンプ4522と、Z・チルト制御用変位センサ1820(a, b, c)、マスク0ステージ用変位センサ1906、0運動用変位センサ4527用の最小変位センサアンプ4518と、Z・チルト運動用インチワーム1813(a, b, c)を駆動するインチワームドライバ4517a, b, cと、X, Y, Z運動ステージ駆動用ピエゾ素子1811, 4528, 1812およびマスク0ステージ駆動用ピエゾ素子1909を駆動するピエゾドライバ4519a~dと、θ運動インチワーム用ピエゾ素子1814, 1815, 1816を駆動するインチワームドライバ4520とX, Y運動ステージをロックするロックピエゾ素子4526a, bを駆動するロック用ピエゾドライバ4521と、バランスシリング1709のエア-圧力制御を行うために圧力センサ4512a, サーボ弁4512bを入力出力とする圧力コントローラ4511から構成されるセンサアンプドライバ

ユニット3918cを有する。

X方向の位置決めは以下のように制御される。本体コントロールユニット3902から通信インターフェイス3916bを通して移動命令が与えられると、CPU4501はサーボコントローラ4509aを通じて現在位置を求め、目標位置との差分をX粗動コントローラ4507aに指令する。これと共にピエゾコントローラ4516aにピエゾ中間位置指令を出す。X粗動コントローラ4507aは移動距離に応じた加減速曲線、送り速度でDCモータードライバ4514aに指令パルスを出し、X電動シリング用モーター1712を駆動する。X電動用駆動モーター1712の停止後、サーボコントローラ4509aは偏差値をピエゾコントローラ4516aに指令し、位相補償された出力がピエゾドライバ4519aに入力される。高圧アンプであるピエゾドライバ4519aは電圧増幅され、X運動用ピエゾ素子1811を昇圧させて、X方向の位置決めを行う。Y方向も同様である。またθ方向は粗動作がないがピエゾ素子1812による微動動作は同じである。

Z・チルト制御において、レーザ測長器4513bはレーザ測長器インターフェイス4506a, bを用いてチルト成分(ω_x, ω_y)のモニターに使用される。Z・チルト量が指定されると、CPU4501は3本のインチワーム1813a, b, cの各々の運動量の計算を行い、3本のインチワームを同時に動作する。ここではインチワーム1813aの動かし方について説明する。計算された運動量はパルスジェネレータ4508aにより、パルス列(数)に変換され、インチワームコントローラ4516aに伝達される。インチワームコントローラ4516aは、Z・チルト制御用変位センサ1820aの出力による最小変位センサアンプ4518からのステージ位置入力をA/D変換し、指令パルスのカウント値を比較し、偏差分に相当するパルスをインチワームドライバ4517aに出力し、Z・チルト運動用インチワーム1813aを駆動する。また、フォトインターラブタ4525aはメカのオーバーランを防ぐために用いられるもので、インチワームコントローラ4516aにインターロックとして入っている。

第46図は、搬送ユニット3603(第36回参照)の電気ブロック図を示す。搬送ユニットは通信路3608cを介して上位メインユニット3602とのデータ交換を行う通信I/F4654と、搬送系コントロールユニット4601によってウェハ搬送系及びマスク搬送系、そしてウェハ3とマスク2の各サブチヤンバー給排気系とゲート弁の制御を行なっている。

まずウェハ搬送においては、供給・回収キャリア2601, 2602内に収納されているウェハ3を搬送させるため供給エレベータ駆動部2504のアクチュエータを駆動するY軸駆動部4603と、供給キャリア2601内のウェハ荷重を検知するウェハ荷重検知部4604がある。これらは、ウェハ供給キャリアエレベータインターフェイス部4602を介して、Y軸駆動部4603は搬送系コントロールユニット4601からの指令に対応したアクチュエータの運動量コントロールを行い、ウェハ荷重検知部4604はその荷重信号をセンサ信号として搬送系コントロールユニット4601とのインターフェ

イスを行う。又、焼付電光が終了したウエハ3をキャリア2501、2502内に回収するために、回収エレベータ駆動部2509のアクチュエータを駆動するY軸駆動部4606と回収キャリア2502内のウエハ有無を検知するウエハ有無検知部4607がある。これらはウエハ供給側と同様に、ウエハ回収キャリアエレベータインターフェイス部4601を介して、搬送系コントロールユニット4601の指令に対応したアクチュエータの駆動量コントロールと、ウエハ有無信号をセンサ信号として搬送系コントロールユニット4601とのインターフェイスを行う。

次に、ウエハ3を供給キャリア2501から取り出したり、回収キャリア2502に収納する手段となるイジエクタ1304（第13図参照）を説明する。イジエクタ1304は、まず対向しているウエハ供給キャリア2501とウエハ回収キャリア2502に対して施回運動を行うアクチュエータであるイジエクタ山、駆動部2515を駆動する山X軸駆動部4609と、イジエクターハンド2512に

のアクチュエータであるオリフラ検知Y駆動部2528を駆動するY軸駆動部4616と、オリフラ検知Yステージ2523のアクチュエータであるオリフラ検知Y駆動部2522を駆動するY軸駆動部4617の3軸の駆動部からなっている。これらの駆動部はオリフラ検知インターフェイス部4614からの駆動部コントロール信号をうけて駆動を行う。又、オリフラ検知チヤック2521上にあるウエハ3をラインセンサ2525と各軸駆動を行なって、ウエハ3を所定基準位置へ移動させるオリフラ検知6802のシーケンスにおいて、ラインセンサ2525のセンサ出力を、ウエハ3の外周位置情報として処理するためのオリフラ検知センサ信号処理部4618を育している。従ってオリフラ検知インターフェイス部4614は各軸駆動量コントロールの後にオリフラ検知センサ信号処理部4618からのウエハ外周位置に相当する信号を搬送系コントロールユニット4601で行われるオリフラ検知6802のデータ伝送や指の授受を行う機能をもっている。

よってウエハ3を水平状態から垂直状態にするアクチュエータであるイジエクターハンド駆動部2514を駆動する山X軸駆動部4610と、ウエハ供給或は回収位置よりオリフラ検知チヤック2521位置までウエハ3を搬送するアクチュエータであるイジエクタX駆動部2518を駆動するX軸駆動部4611、更にイジエクタハンド2512によってウエハ3をオリフラ検知チヤック2521に載着させる場合や、オリフラ検知チヤック2521上にあるウエハ3をイジエクターハンド2512に保持させる場合のアクチュエータであるイジエクタZ駆動部2519を駆動するためのZ軸駆動部4612を有している。これらの駆動部は搬送系コントロールユニット4601からの指令によってウエハイジエクタインターフェイス部4608が指令値に対応した各軸の駆動量のコントロールを行なっている。

オリフラ検知インターフェイス部4614は、オリフラ検知Xステージ2527のアクチュエータであるオリフラ検知X駆動部2526を駆動するX軸駆動部4615と、オリフラ検知Yステージ2529

オリフラ検知シーケンスで位置決めされたウエハ3は、ウエハトラバーサ1306によってウエハステージ1899に搬送される。第25図も参照して、4621はロードハンド2530によってオリフラ検知チヤック2521上にあるウエハ3を保持するためや、アンロードハンド2531上に保持しているウエハをオリフラ検知チヤック2521上に載着させるためにロードハンド2530及びアンロードハンド2531をオリフラ検知チヤック2521上で移動させるためのアクチュエータのトラバーサZ軸駆動部2534を駆動するZ軸駆動部、4622はウエハチヤック1807上にあるウエハ3をロードハンド2530もしくはアンロードハンド2531上に保持するためウエハチヤック1807上で移動させるためのアクチュエーターであるトラバーサZ軸駆動部2535を駆動するZ軸駆動部、更に4620はウエハチヤック1807上或は、オリフラ検知チヤック2521上にあるウエハ3をロードハンド2530或はアンロードハンド2531に保持し、ウエハチヤック1807或はオリフラ検知チヤック2521上に

搬送するためのアクチュエーターであるトラバーハンド運動部2538を駆動するX始運動部である。これら運動部はウェハトラバーサインターフェイス部4619で搬送系コントロールユニット4601からの指令データを受取し、始の運動量コントロールを行なう機能を備えている。

ウェハ3を搬送する際に、ウェハ3を保有するためエアーによる真空吸着が行なわれている。ウェハ搬送系においては、イリエクターハンド2512、オリフラ検知チャック2521、ロードハンド2530、アンロードハンド2531更にウェハチャック1807で用いられている。これらはウェハチャック運動部4624によってウェハ3の受渡しの際などに真空吸着のON/OFFの制御が行われる。又、各々のウェハ保持部はウェハ3を保持しているか否かの役割検知機能を備えている。これらはすべて最初検知部4625によって、検知される。従ってウェハチャックインターフェイス部4623は、ウェハ搬送のシーケンスに伴った搬送系コントロールユニット4601からの指令によってウェハチャック

設けられている。従って、マスクカセットローダインターフェイス部4626は、Y軸運動部4627及び山Y軸運動部4628に対し、搬送系コントロールユニット4601からの指令による運動量コントロールを行い、それに伴うマスクカセット本体2801のロック信号及びロック解除信号を出力する機能を有している。

次にマスクローダにおいては、第26図も参照して、マスクチヤンバ3103内にあるカセット本体2801に設置されているマスク2をマスクステージ1901に設置するために、マスクハンド2602によってカセット本体2801内のマスク2を把持しトラバースユニット2001を移動させる。このトラバースユニット2001を移動させるためのアクチュエーターであるトラバース機モータ2605を駆動するためにX始運動部4631と、トラバースユニット2001を所定の位置に動きさせた後、アームユニット2603を180°回転させるためのアクチュエーターのアーム回転用モータ2707を駆動する山Y軸運動部4632と、マスクハンド2602が

Y軸運動部4624に制御信号を送ったり、最初検知部4625からの検知信号をうけて搬送系コントロールユニット4601へデータ転送する機能を備えている。

次に第28図も参照して、マスク搬送系の電気ブロック図の説明をする。マスク搬送系においては、マスクカセット1310をマスクチヤンバ3103内のカセット台2803に設置し、テーブル2806とカセット本体2801を連結させて所定の基準位置まで移動させるためのカセットエレベータモータ2812を駆動させるためのY始運動部4628と、所定の基準位置に移動したカセット本体2801において所置のマスク2をマスクハンド2602で提出するためにカセット本体2801を回転させるためのアクチュエーターのインデクサ2810を駆動するための山Y軸運動部4627と、マスクチヤンバー3103内に安置したマスクカセット1310をカセット本体2801とカセットカバ2802とを分離し、カセット本体2801をテーブル2806とのロックを行なうためのカセットロック運動部4629が

マスクカセット本体2801内のマスク2を把持する時と、マスクステージ1901にマスク2を設置する時にマスクハンド2602を上下動させるためのアクチュエーターであるハンド上下用モータ20の駆動を行う山Y軸運動部4633の各軸運動部を有している。又、これらの各軸の運動量はマスクローダインターフェイス部4630でコントロールされる。マスクローダインターフェイス部4630は搬送系コントロールユニット4601から指令されるマスクローダの各軸の移動命令を運動量としてコントロールをする機能をもつ。

マスク2をマスクステージ1901に設置する場合や、カセット本体2801内に設置する場合に、常に一定の突当力をもってマスク2を設置するためにマスクハンド2602内に突当センサ2705(第27回参照)は用いられている。この突当センサ2705は、マスクステージ1901或はカセット本体2801内のマスク2に対してマスクハンド2602を把持する際に、マスクハンド2602とマスク2との突当力を検知することでX始運動部4631の運動量の

制御を行うため、実センサ制御部4636では実センサ2705からのセンサ信号をモニタリングし、実感力を電気信号としてマスクハンドインターフェイス部4635に出力している。従ってマスクハンドインターフェイス部4635は、実センサ制御部4636からの実感力信号を搬送系コントロールユニット4601にデータとして転送する機能を有している。

次いで、ウエハロードアンロード、チャンバー3109、3111（第31図参照）の給排気制御についてのブロック図について説明する。ウエハロードアンドロード、チャンバー3109、3111は、ウエハロードチャンバー給排気インターフェイス部4639とウエハロードチャンバー給排気インターフェイス部4642に分けられる。前記2つのインターフェイス部は搬送系コントロールユニット4601からの指令に基づいて、各バルブの駆動と、圧力計の圧力値を入力し、搬送系コントロールユニット4601とデータの授受を行う機能を備えている。まずウエハロードチャンバー3109はバルブ駆動

を行なっている。又、圧力計入力部4644においてはウエハアンロード圧力計3315によってウエハアンロードチャンバー3111内の圧力値を計測し、圧力計入力部4644において絶対圧力に換算し、換算した圧力値に対応した電気信号をウエハアンロードチャンバー給排気インターフェイス部4642に入力している。

次にマスクチャンバー3103について説明する。マスクチャンバー3103もウエハチャンバーと同様にマスクチャンバー給排気インターフェイス部4645を有し、搬送系コントロールユニット4601からの指令に基づいて各バルブ駆動の制御と圧力計の圧力値データの転送を行う機能を有している。マスクチャンバー3103はバルブ駆動部4646と圧力計入力部4647とを備え、第34図に示す、マスクリークバルブ3405、マスクN₂導入用バルブ3404とマスクHe導入用バルブ3403、マスクメインバルブ3402、マスクバイパスバルブ3401をマスクチャンバー給排気インターフェイス部4645とバルブ駆動部4646を通してON/OFF

制御しており、圧力計入力部4641を有しており、バルブ駆動としては、第33図に示す、ウエハロードチャンバーリークバルブ3312、ウエハロードN₂導入用バルブ3310とウエハロードHe導入用バルブ3308、ウエハロードメインバルブ3304とウエハロードバイパスバルブ3301の各々のON/OFF制御を行なっている。又、圧力計入力部4641においては、ウエハロード圧力計3314によってウエハロードチャンバー3109内の圧力値を計測し、圧力計入力部4641において絶対圧力に換算し、換算した圧力値に対応した電気信号をウエハロードチャンバー給排気インターフェイス部4639に入力している。ウエハアンロードチャンバー3111においても同様で、第33図に示すバルブ駆動部4643と圧力計入力部4644を有しており、バルブ駆動としてはウエハアンロードリークバルブ3313、ウエハアンロードN₂導入バルブ3311と、ウエハアンロードHe導入バルブ3309、ウエハアンロードメインバルブ3305とウエハアンロードバイパスバルブ3302の各々のON/OFF制御

を行なっている。又、圧力計入力部4647においては、マスク圧力計3406によって、マスクチャンバー3103内の圧力値を計測し、圧力計入力部4647において絶対圧力に換算し、換算した圧力値に対応した電気信号をマスクチャンバー給排気インターフェイス部4645に入力している。

次に、ウエハロード、アンロードチャンバー3109、3111及びマスクサブチャンバー3103のゲート弁制御における電気ブロック図の説明をする。ウエハチャンバーのゲート弁制御ではウエハロードゲート弁インターフェイス部4648と、ウエハアンロードゲート弁インターフェイス部4650を備え、前記2つのインターフェイス部は搬送系コントロールユニット4601からの指令に基づいて、ゲート弁開／閉駆動の制御信号を出力する。それによりウエハロードチャンバー3109では、ゲート弁開／閉駆動部4649によりウエハロードゲートバルブ3108のON/OFF制御が行われる。同様に、ウエハアンロードチャンバー3111ではゲート弁開／閉駆動部4651によりウエハアンロード

ゲートバルブ3110のON/OFF制御が行われる。マスクサブチヤンバーゲート弁駆動についてもマスクサブチヤンバーゲート弁インターフェイス部4652を経え、駆逐系コントロールユニット4601からの指令に基づいてゲート弁開/閉駆動の制御信号を出力する。従って、ゲート弁開/閉駆動部4653によりマスクゲートバルブ310のON/OFF制御がマスクサブチヤンバーゲート弁インターフェイス部4652をとおして行われる。

ウエハロードチヤンバー3109及びウエハアンロードチヤンバー3111、マスクチヤンバー3103の排気ポンプは、主排気油回転ポンプ3307、主排気ターボ分子ポンプ3306及び種類排気油回転ポンプ3303の構成で共通ポンプとして機能し、これらのポンプ制御は環境制御ユニット3605で行われる。

第47図はミラー制御ユニット3606のプロック図である。プロックは大別してミラーチヤンバー給排気制御部4703、ミラーチヤンバー冷却恒温制御部4708、ミラーチヤンバー冷却恒温

また、ミラーチヤンバー給水部4709にて冷却用の被覆体が不図示の温度センサにより所定の温度に保たれ、ミラーワンチヤンバー1408へ送られる。被覆体は液体流路1404を流れることで、ミラースタッブ部1402を介してX線ミラー1401を冷却する。冷却恒温制御部4708では、被覆体の温度管理を行い、許容値をはずれた場合には、ミラーワンコントロールユニット4702にエラー通知する。

ミラーワン制御部4710は、ミラーワン調整装置1406を動かすことにより、SOR光輪にスリミラー1401を含せ込む動作を行うが、その際にSOR光輪はSOR光検出部4713で位置検知され、そのSOR光スポット位置が所定の基準位置になる様に、ミラーワン調整装置1406に組込まれたミラーワン駆動アクチュエータ4712をミラーワン駆動部4711により駆動する。この後は、ミラーワン制御部4710において、前記SOR光が前述の基準位置を一つずつX線ミラー1401の動サークルがかけられる。

制御部4708、ミラーワン制御部4710より構成されている。4702は上記各制御部をシーケンス制御するミラーワンコントロールユニットで、上位のメインユニット3602(第36回参照)とは通信I/F4701と通信路36081を介してデータの授受を行う。以下、ミラーワン制御ユニット3606を第14回も参照して詳細に説明する。

ミラーチヤンバー給排気制御部4703はミラーワンチヤンバー1408内の超高真空状態を計測するミラーチヤンバー圧力計4705からの真空度がミラーチヤンバー圧力計入力部4704でインターフェイスされてとりこまれる。また、真空チヤンバー1408を超高真空状態に排気するための超高真空ポンプ4707が、真空チヤンバー1408に排気ポート1411を介して接続されている。ミラーチヤンバー給排気制御部4703からはミラーチヤンバーポンプ驱动部4706へON-OFF信号を出力し、排気制御を行う。次に、ミラーチヤンバー冷却恒温制御部4708は、X線ミラー1401のX線照射による発熱を冷却し、一定温度に保つ。

ミラーワン制御部4710では、この他にSOR光を遮光、透光するためのシャッター1409を駆動するためのシャッター駆動アクチュエータ1410のアバーテヤ駆動部4714を介して動作させる。このシャッター駆動のタイミングは、ウエハ3の露光のシーケンス、例えば、露光シmidtの合間、あるいはウエハ交換時、マスク交換時等に同期する必要があるため、通信I/F4701を介してメインユニット3602から駆動信号をもらう。

第48図は環境制御ユニット3605のプロック図である。本ユニットは、①ミラーポート3106及びメインチヤンバー3101の給排気制御系、②He露光気を管理するガスコントロール系、及び③ウエハチヤツク1899部及びチヤンバー内各部を温度管理する温調制御系より成っている。4802は環境制御ユニット3605のコントロールユニットで、前述①～③の各制御系をシーケンスプログラムに従って動作させる。また、コントロールユニット4802の通信I/F4801は上位のメインユニット3602と通信路3608を介して接続されており、

データの授受を行う。次に、各制御部の構成及び動作について説明する。

ミラーポート3105及びメインチャンバー3101の給排気制御部は環境制御コントロールユニット4802からミラーポート及びメインチャンバー給排気インターフェイス部4803を通してバルブ駆動部4804、真空ポンプ駆動部4806への出力、圧力計入力部4805からの入力を行う。バルブ駆動部4804は、第35図に示されるメインチャンバー3101の給排気を行うメインチャンバーメインバルブ3502、メインチャンバーバイパスバルブ3501、メインチャンバー3101の開放時に開・閉するメインチャンバーN₂導入バルブ3505、メインチャンバーリークバルブ3506と接続されている。ミラーポート3105の給排気については、Be窓3512の両側面の圧力を遮断させる第1Be₉バイパスバルブ3513、第2Be₉バイパスバルブ3514、第1ミラーポートゲートバルブ3516、第2ミラーポートゲートバルブ3517及びミラーポートバイパスバルブ3518と繋っており、それぞれの開・閉

バルブで、バルブコントローラ3511と繋っていて、このバルブコントローラ3511からバルブ開度を設定することができる。このバルブ開度の設定は、Heガスコントロールインターフェイス部4807から外部設定される。また、バルブコントローラ3511は、圧力計入力部4805からメインチャンバー3101内の圧力値が入力され、バルブコントローラ3511内で、メインチャンバー3101内の圧力を一定にする様バルブ開度をコントロールするサーボ系が構成されている。4808はガスコントロール用のメインチャンバー排気を行うガスコントロール油回転ポンプ3509のON-OFFを行うポンプ駆動部である。4809はバルブ駆動部で、メインチャンバーHe導入用バルブ3504及びガスコントロールメインバルブ3508の開・閉を行う。ポンプ駆動部4808、バルブ駆動部4809はいずれもHeガスコントロールインターフェイス部4807を介してコントロールユニット4802から制御される。

次に、温調制御系は、本体の各部分を所定温度

を行う。

圧力計入力部4805はミラーポート部3105の圧力計測を行うミラーポート圧力計3519からのセンサー出力及びメインチャンバー部3101の圧力計測を行うメインチャンバー圧力計3510からのセンサー出力を取り込み、所定の処理を行い、給排気インターフェイス部4803に送る。真空ポンプ駆動部4806は、メインチャンバー3101及びウエハロード3109、アンロード3111、マスク3103の各サブチャンバーの排気に共通に使用する。また、粗排気油回転ポンプ3303、及び主排気油回転ポンプ3307のON-OFF制御及び主排気ターボ分子ポンプ3306の駆動及び動作状態のモニターを行う。

次に、Heガスコントロール制御系は、メインチャンバー3101内を圧力一定・純度一定でHeガスコントロールする。これは、不純物ガスの発生に対して、メインチャンバー3101内の排気流量を可変することで実現している。第35図の3507は排気流量をコントロールするコントロール

に保つ様給水部4813にて所定温度に設定された温調水を貯えて、これを前述のチャンバー内の各発熱部分に単水することで、発熱各部で熱交換を行い、温調水を循環させる。温度センサ4812により前記温調水の温度を検出し、温調コントローラ4811内にとりこみ、給水部での設定温度への制御を行う。温調インターフェイス部4810では、この温度の正常判定の結果をうけ渡し、温調状態のモニターを行う。ウエハチヤック温度センサ4814では、温調水により冷却されるウエハチヤック部1807の温度を計測するウエハチヤック温度センサ4815からの計測値をとりこみ、温度に変換後、温調インターフェイス部4810を介してコントロールユニット4802へ送り、チヤック部の温度管理を行う。

第49図は本装置の基本的な機能を達成する為の制御フローを示したものである。本装置は電源が投入されると、ステップ4901において各ユニット3601、3602、3603、3604、3605、3606（第36図 図）特にCPU及びRAM ROM等の

チェックがなされ、その後に各ユニット間の通信路が確立される。次に、ステップ4902の長期停止状態からの立ち上げ処理によって、給排気系及びメカ系の初期化を実行し、メインユニット3602のパネルスイッチ3802もしくはコンソールユニット3601のターミナル3701からの操作指令待ちのステップ4903に移る。ここで、オペータによって操作指令が与えられると、ステップ4904、4908、4912、4916、4919、4922及び4925によって、操作指令がどの機能処理に対する指令であるかを判定し、対応する機能処理が現在実行可能か否かの判定を各々ステップ4905、4909、4913、4917、4920、4923及び4926によって行い、実行可能状態であれば処理の実行に移る。

以下に本装置の基本的な操作指令とその処理について述べる。

長期停止指令（ステップ4914）は本装置を長期間停止させた時、装置内に埃や湿気が入るのを防ぐ為に、メインチャンバー3101や各サブチャンバー3103、3109、3111にN₂を充填したり、Bo室

状態となり、シーケンスはステップ4903の操作指令待ち状態に戻る。

ウエハキヤリア設置指令（ステップ4912）は、前記ウエハキヤリア取出し指令の逆の処理を行わせる為のものであり、取出し状態にある供給、回収キヤリア2501、2502を本装置の焼付処理可能な設置状態にする機能処理を実行する。ウエハキヤリア設置指令であることがステップ4912で判断されると、ステップ4913で今度はウエハキヤリアが取出し状態であり、ウエハキヤリア設置処理のステップ4914とウエハ回収キヤリア設置処理のステップ4915を実行し、供給側、回収側のウエハキヤリア2501、2502は焼付処理が実行できる設置状態となり、シーケンスはステップ4903の操作指令待ちに戻る。

マスクカセット取出し指令（ステップ4916）は、本装置に設置状態にあるマスクカセット1310を操作者によって装置から取り外し、交換可能な状態にする為の機能処理を実行せらるのであり、ステップ4916でマスクカセット取出し指令で

3612に監査によるストレスがかかったままにしない様にするなどの機能処理を実行させるものであり、ステップ4904で長期停止指令であると判断されると、処理はステップ4905に移行し長期停止処理の実行可能条件のチェックがされ、ステップ4906によって長期停止の為の処理が実行され、その後にステップ4907でメカ駆動系の電源系をOFFする。

ウエハキヤリア取出し指令（ステップ4908）は、本装置に設置状態にある供給、回収キヤリア2501、2502を操作者によって装置から取り外し、交換可能な状態にする為の機能処理を実行させるものであり、ステップ4908でウエハキヤリア取出し指令であると判断されると、処理はステップ4909に移行し、現在、ウエハキヤリア2501、2502が設置状態にあり、かつウエハキヤリア取出し処理の実行可能条件が成立していれば、ウエハ供給キヤリア取出し処理のステップ4910とウエハ回収キヤリア取出し処理のステップ4911が実行され、供給側、回収側のウエハキヤリアは取出し

あると判断されると、処理はステップ4917に移行し、現在マスクカセットが設置状態にあり、かつマスクカセット取出し処理の実行可能条件が成立していれば、ステップ4918のマスクカセット取出し処理が実行され、マスクカセット1310は取出し状態となりシーケンスはステップ4903へ戻る。

マスクカセット設置指令（ステップ4919）は、前記のマスクカセット取出し指令の逆で、取出し状態にあるマスクカセット1310を本装置の焼付可能な設置状態にする機能処理を実行する為のものである。マスクカセット設置指令であることがステップ4919で判断されると、ステップ4920においてマスクカセット1310が取出し状態であり、マスクカセット設置処理実行可能条件が成立していれば、シーケンスはステップ4921のマスクカセット設置処理を実行し、マスクカセット1310は設置状態になる。また、シーケンスはステップ4903の操作指令待ちに戻る。

X線強度プロファイル計測命令（ステップ4922）

は、SORリング4への電子注入、Be窓3812の交換、X線ミラー1401の調整…等々によるX線强度プロファイルの変動に対し、露光エリア全面で均等なX線露光量を確保するシャッタ運動データを作成する機能処理を実行するものである。ステップ4922でX線强度プロファイル計測指令であることが判定されると、処理はステップ4923に移行し、X線强度プロファイル計測の実行可能な条件のチェックがされ、可操作条件が成立していれば、ステップ4924によってX線强度プロファイルの計測処理がX線ディテクター1551（第15図参照）を用いて実行され、その後、処理はステップ4903へ戻る。

焼付指令（ステップ4925）は、ウェハ3上のショットとマスク2を位置合わせした後に、指定されたX線露光量分の露光をステップアンドリピート方式で行う機能処理を実行するものであり、ステップ4925で焼付指令であることが判定されると、処理はステップ4926に進みここで供給キヤリア2501、回収キヤリア2502が設置状態に

5104の判定をYesで抜けてMCBPV3501を開じる（ステップ5105）。次に、MCMNV3502を開けて、更に排気を行う（ステップ5106）。圧力計3510が 10^3 Torrになったら、ステップ5107の判定をYesで抜けてMCMNV3502及び第1BeBPV3513を開じる（ステップ5108及び5109）。そして、第1MPGV3516及び第2MPGV3517を開けて（ステップ5110及び5111）、ミラーユニット101と連通させる。次に、MCHeV3504を開けてHeガスの供給を開始する（ステップ5112）。圧力計3510が150Torrになったら、ステップ5113の判定をYesで抜けてGCMNV3508を開け、ガスコンを開始する（ステップ5114）。

メインチャンバー3101の給排系処理が終了すると、ウェハロードチャンバー3109などのサブチャンバーの給排系処理を行う（ステップ5003）。ウェハロードチャンバー3109を例にとって説明する。第62図のステップ5201～5203に示すように、WLLV3312を開けて一定時間後に閉じることによって、チャンバー内部の圧力を

在るか、マスクカセット1310が設置状態に在るか、またJ-Bデータが備できているか等の焼付処理実行可能条件がチェックされた後に、ステップ4927で焼付処理に必要なJOBデータがダウンロードされ、ステップ4928によって焼付の処理が実行される。処理が終了すると、処理はステップ4903に移り操作者による指令待ちとなる。

次に、第32～35図及び第50～53図を用いて、第49図の長期休止上昇4902のシーケンスを説明する。最初に、RORP3303、MNTMP3306、MNRP3307、GCRP3509の各ポンプを起動する（ステップ5001）。

次に、メインチャンバー3101から給排系の処理を行う（ステップ5002）。これを第51図に詳細に示す。この図において、まず、第1BeBPV3513を開けて第2BeBPV3514と同じく（ステップ5101、5102）。そして、MCBPV3501を開けて長期休止時に導入された窒素ガスを排気する（ステップ5103）。メインチャンバー3101の圧力計3510が0.1Torrになったら、ステップ

外気と等しくする。ウェハアンロードチャンバー3111及びマスクチャンバー3103についても同様に、それぞれWULV3313及びMKLV3405を開閉して、チャンバーの内部の圧力を外気と等しくする。ウェハキヤリア2501、2502やマスクカセット1301をチャンバー内に設置する時にチャンバードアを開けるのが容易になる。

次に、各ステージや搬送系などのアクチュエータの初期化を行う（ステップ5004）。これを第53図に詳細に示す。この図において、まず、ウェハ供給エレベーター1303b及びウェハ回収エレベーター1303aの初期化（ステップ5301）を行い、それぞれのキヤリヤ置き台2503、2508をキヤリヤ交換可能な位置に移動させる。次に、イジエクター1304の初期化（ステップ5302）を行い、第25図に示すようにイジエクター1304の各軸をそのホーム位置に移動させる。次に、マスクカセットローダーの初期化（ステップ5303）を行い、テーブル2806をマスクカセットエレベーター2805によって一番下のホーム位置に移動させ（第

28図)、インデクサ2801を位置決めピン2901が所定位置に来るよう回転させる(第29図)。次に、ウェハトラバーサー1306の初期化(ステップ5304)を行い、ロードハンド2527及びアンロードハンド2528を両者が交差する位置に移動させ、2つのトラバーサーZ駆動部2534、2536をSOR光査4よりのホーム位置に移動させる。次に、オリフラッシュステージ1305の初期化(ステップ5305)を行い、Yステージ2519、Xステージ2521、Yステージ2523をそれぞれのホーム位置に移動させる。次に、ウェハステージ1899の粗動X軸及び粗動Y軸の初期化を行い(ステップ5306)、マスクトラバーサー1311の動作と干渉しない退避位置に移動させる(ステップ5307)。次に、マスクトラバーサー初期化を行い(ステップ5308)、トラバースユニット2601をそのストロークの中心のホーム位置に移動させ、アームユニット2603をマスクカセットローダーの方向へ旋回させる(第27図参照)。次に、ウェハステージの粗動X、Y以外の軸の初期化(ステップ5309)

を行い、レーダー干渉計の量出しを行う。最後に、マスクステージ1901の初期化(ステップ5310)及び各ピックアップステージ2411の初期化(ステップ5311)を行う。

次に、第32~35図及び第54~57図を用いて第49図の長期停止4906のシーケンスを説明する。まず、メインチャンバー3101とウェハロードチャンバー3109などのサブチャンバーとを分離するために各ゲートバルブを開める(ステップ5401)。即ち、WLGV3108、WUGV3110及びMKGV3102を閉じる。そして、各チャンバーごとの給排系の処理を行う(ステップ5402)。

メインチャンバー3101では、第55図に示すように、まずBe窓3512にかかる差圧を解除するために、第1MPGV3516及びMBPV3518を開じ、第2BeBPV3514を開ける(ステップ5501~5503)。コンダクタ管3515を通してHeガスがメインチャンバー3101からミラーポート3105へ流れ込むので、ミラーポート圧力計3519によってミラーポート3505内の圧力がメインチャ

ンバー内と同じ150Torrになったことを確認したら、ステップ5504の判定をYesで抜けて、第1BeBPV3515を開け、第2BeBPV3514を閉じる(ステップ5505、5506)。次に、MCHeV3504及びGCMNV3508を閉じてガスニンを停止する(ステップ5507、5508)。そして、MCN₂V3505を開けて窒素ガスを導入する(ステップ5509)。メインチャンバー3101の圧力計3510及びミラーポート3505の圧力計3519が共に760Torrになったら、ステップ5510及び5511の判定をYesで抜けるので、MCN₂Vを閉じる(ステップ5512)。最後に、再び第2BeBPV3514を開け、第1BeBPV3515を閉じる(ステップ5513、5514)。そして、第2MPGV3517を開じることにより、ミラーユニット101をミラーポート3505から分離する(ステップ5515)。

次に、ウェハロードチャンバー3109では、第56図に示すように、WLBPV3301を開け(ステップ5601)、Heガスを排気する。圧力計3314が0.1Torrになったら、ステップ5602の判定を

Yesで抜け、WLBPV3301を開じてWLMNV3304を開ける(ステップ5603、5604)。そして、圧力計が10⁻³Torrになったら、ステップ5605の判定をYesで抜け、WLMNV3304を開じる(ステップ5606)。次に、WLN₂V3310を開けて窒素ガスを導入する(ステップ5607)。チャンバー内が760Torrになったら、ステップ5608の判定をYesで抜け、WLN₂V3310を開じて窒素ガスの導入を終了する(ステップ5609)。ウェハアンロードチャンバー3111も給排系の処理は、同様なので説明は省略する。

次に、マスクチャンバーでは、第57図に示すように、MKBPV3401を開けて、圧力計3406が0.1TorrになるまでHeガスを排気してMKBPV3401を開じる(ステップ5701~5703)。更に、MKMNV3402を開けて、10⁻³Torrまで排気してMKMNV3402を開じる(ステップ5704~5706)。最後に、MKN₂V3404を開けて、圧力計が760Torrになるまで窒素ガスを導入してMKN₂Vを閉じる(ステップ5707~5709)。

こうして各チャンバーごとの給排系処理（第54図のステップ5402）が終了すると、R RP3303、MNTMP3306、MNRP3307及びGCRP3809の各ポンプを停止させて（ステップ5403）、長期休止のシーケンスを終了する。

次に、第25図、第33図及び第58図を用いて第49図のウェハ供給キャリヤ取り出し4910のシーケンスを説明する。まず、供給エレベーター駆動部2504によって供給キャリヤ2501をキャリヤ交換位置まで上昇させる（ステップ5801），次に、WLGV3108を開じて（ステップ5802）、ウェハロードチャンバー3109をウェハイジエクターチャンバー3107から分離する。次にWLN_V3310を開けて窒素ガスを導入する（ステップ5803）。ウェハロードチャンバーの圧力計3314が760 Torrになら、ステップ5804の判定をYesで抜けてWLN_Vを閉じる（ステップ5805）。最後に、WLLV3312を一定時間だけ開けて（ステップ5806～5808）、チャンバー内部の圧力を外気と等しくしてチャンバーのドア

を開けやすくしてやる。第49図のウェハ回収キャリヤの取り出し4911のシーケンスも同様なので、説明は省略する。

次に、第25図、第33図及び第59図を用いて第49図に示すウェハ供給キャリヤ設置4919のシーケンスを説明する。既に、供給キャリヤ2501は供給キャリヤ置き台2503上に載置されているものとする。ウェハロードチャンバー3109のドアが閉じられてシーケンスがスタートすると、まず供給ウェハ有無検知部2507によってウェハが有るか無いかのチェックを行う。ウェハが無いとステップ5901の判定をNoで抜けて、供給エレベーター駆動部2504によって供給キャリヤを1ピッチ分下降させる（ステップ5902）。ウェハが有るところまで、ステップ5901と5902を繰り返す。これは、キャリヤの上部にのみウェハが導入されているような場合に対応するものである。ウェハが存在すると、ステップ5901の判定をYesで抜けて給排処理に移る。まず、WLBPV3301を開けてチャンバー内のガスを排気する（ス

テップ5903）。ウェハロードチャンバーの圧力計3314が0.1 Torrになるまで排気したら、ステップ5904の判定をYesで抜けてWLBPV3301を開じる（ステップ5905）。次に、WLMNV3304を開けてさらに排気を行う（ステップ5906）。圧力計が10⁻¹ Torrになら、ステップ5907の判定をYesで抜けてWLMNV3304を開じる（ステップ5908）。次に、WLHeV3308を開けてHeガスを導入する（ステップ5909）。圧力計が150 Torrになら、ステップ5910の判定をYesで抜けてWLHeV3308を開じる（ステップ5911）。最後に、WLGV3108を開けてウェハロードチャンバーをウェハイジエクターチャンバー3107に通過させる（ステップ5912）。第49図のウェハ回収キャリヤの設置4915のシーケンスも同様なので、説明は省略する。

次に、第28～30図、第34図及び第60図を用いて第49図に示すマスクカセット取り出し4918のシーケンスを説明する。始めに、カセット本体2801のカセットカバー2802に対するW_X方向の

位置を合わせるため、インデクサ2810をその原点まで回転させる（ステップ6001）。次に、MKGV3102を開じてマスクチャンバー3103をメインチャンバー3101から分離して（ステップ6002）、給排処理を行う。まず、MKBPV3401を開けてHeガスを排気する（ステップ6003）。マスクチャンバーの圧力計3406が0.1 Torrになるまで排気したら、ステップ6004の判定をYesで抜けてMKBPV3401を開じる（ステップ6005）。次に、MKN₂V3404を開けて窒素ガスを導入する（ステップ6006）。圧力計が760 Torrになら、ステップ6007の判定をYesで抜けてMKN₂V3404を開じる（ステップ6008）。次に、マスクカセットエレベーター2805を駆動して、カセット本体2801をボス2904とかん合した状態からカセットカバー2802と合体する位置まで下降させる（ステップ6009）。ここで、レバー3007によってカバーロック爪3005及びテーブルロック爪3006を駆動して、カセット本体テーブル2806から分離すると共にカセットカバーと

結合させる(ステップ6010)。そして、マスクカセットエレベーターを駆動してテーブルを一番下のホーム位置まで下向させる(ステップ6011)。最後に、MKLV3408を一定時間だけ開けて(ステップ6012~6014)、マスクチャンバー3103内部の圧力を外気と等しくしてチャンバーのドアを開けやすくしてやる。

次に、第28~30図、第34図及び第6111を用いて、第49図のマスクカセット設置4921のシーケンスを説明する。既に、カセット台2803に、カバーロックユニット2804によってマスクカセット1310が載置固定され、マスクチャンバー3103内の所定の位置に収納されているものとする。チャンバーのドアが閉じられてシーケンスがスタートすると、まずマスクカセットエレベーター2805を駆動してテーブル2806がカセット本体2801に当たるまで上昇させる(ステップ6101)。次に、レバー3007によってカバーロック爪3005及びテーブルロック爪3006を駆動して、カセット本体をカセットカバー2802から分離すると

共にテーブルと結合させる(ステップ6102)。次に、マスクカセットエレベーターを駆動してカセット一体を上昇させ、ボス2904と結合させる(ステップ6103)。そして、結線処理を行う。まず、MKBPV3401を開けてチャンバー内のガスを排気する(ステップ6104)。マスクチャンバーの圧力計3406が0.1 Torrになるまで排気したら、ステップ6105の判定をYesで抜けてMKBPV3401を閉じる(ステップ6106)。次に、MKMNV3402を開けてさらに排気を行う(ステップ6107)。圧力計が10⁻¹ Torrになったら、ステップ6108の判定をYesで抜けてMKMNV3402を閉じる(ステップ6109)。次に、MKHeV3403を開けてHeガスを導入する(ステップ6110)。圧力計が150 Torrになったら、ステップ6111の判定をYesで抜けてMKHeV3403を閉じる(ステップ6112)。最後に、MKGV3102を開けて、マスクチャンバー3103をメインチャンバー3101に通連させる(ステップ6113)。

第62図はX線強度プロファイル計測処理の流れ

を示したフローチャート図である。以下、第16図と第67図を用いながら、この処理を説明する。

まず、ステップ6201で露光時のX線強度計測をする為のX線周度計1541と、X線強度プロファイル計測用にX、Yに移動可能なウエハステージ1899上に配置されたX線ディテクター1551により、計測時の基本となるX線強度の計測をX線ディテクター1551をX線周度計1541と同じX方向位置にして行う。以下、本ステップにおいて、X線周度計1541によって計測されたX線強度計測値をD_{ss}、X線ディテクター1551によって計測されたX線強度計測値をD_{ss'}と称する。ステップ6202は、X線ディテクター1551をウエハステージ1899をY方向に駆動して、X線強度プロファイル計測の各計測位置P_{ss}。(第63図参照)に移動させる為の処理である。そして、ステップ6203で、その計測位置におけるX線強度をX線ディテクター1551で計測する。なお、第n番目の位置で計測されたX線強度データを以降D_{ss}で表す。ステップ6204では、ステップ6203

で計測したX線強度計測データD_{ss}を、ステップ6201でのX線強度計測基本データD_{ss}を計測した時点からデータD_{ss}を計測した時点までの時間的ディレーによるSORリング4からのX線強度の減衰量分の補正を行う。その補正後のデータをD_{ss'}とする。このステップ6202~6204の一連の処理によって、各計測位置P_{ss}におけるX線強度の減衰分も考慮した計測値データD_{ss'}が得られる。

そして、ステップ6205で全計測位置(P_{ss1}~P_{ssn})での計測が終了したと判断されるまで処理はステップ6202~6205をループし、全計測位置での計測データD_{ss1'}~D_{ssn'}が収集された時点でステップ6206へと進む。ステップ6206においては、減衰分の補正後の計測データD_{ss1'}~D_{ssn'}を、D_{ss}とD_{ss}の関係によって補正した後、X線周度計1541に関して別途定められている基X線強度D_{ss}にD_{ss}を置きかえた時の値に換算する。これについては、第64図を用いて後述する。そして、D_{ss}を基として換算された各計測

位置のX線強度データ $D_{x1} \sim D_{xn}$ によって電離の露光エリア全面に対するX線強度プロファイルを求める。

次に、ステップ6207では、X線照度計1541でのX線強度が D_{xa} とした時に露光エリア全面で均等な別途定められた基準X線露光量が照射される為のシャツタ駆動テーブルを、ステップ6208で求められたX線強度プロファイルを基に算出する。ステップ6208ではステップ6207で求められたシャツタ駆動データテーブルをシャツタ制御部3913のソーステーブルメモリ4308にセットする。以上でX線強度プロファイル計算の処理は終了する。

第63図はX線強度プロファイル計算時の各計測位置 P_{xi} の観察を示すものである。図中、1541はX線照度計、1551はウエハステージ1899上に配置されX、Y方向に移動可能なX線ディテクタを示す。また、6301の破線は露光エリアを表し、 P_{xa} はX線照度計1541による D_{xa} の計測位置、 P_{xi} と $P_{x1} \sim P_{xn}$ はX線ディテクター1551に

そしてさらに、 D_{xa} をX線照度計1541の基準X線強度 D_{xb} に置き換えた時の各計測位置の換算X線強度 $D_{x1} \sim D_{xn}$ を求め、X線照度計1541の D_{xb} に対する露光面でのX線強度プロファイル6402を得る。

第65図は求められたX線強度プロファイルからシャツタ駆動データを作成するまでの観察を示したものである。図中、6501は露光エリア全面において、別途定められた基準X線露光量になる様に、前述のX線強度プロファイル6402から算出した露光時間曲線である。この曲線6501はX線照度計1541に基準X線強度 D_{xb} のX線が照射されている時、露光エリアの各点が基準露光量になるまでの露光時間を示したものである。

シャツタ駆動データは、メインシャツタ1501の喇叭口1530の先エッジ1531の通過から後エッジ1532の通過までの時間で決定される露光エリア全面における各点の露光時間が露光時間曲線6501と等価となる様にシャツタ（スチールベルト1513）の移動速度曲線を求めた後、最小一定距離移動

より D_{xa} と $D_{x1} \sim D_{xn}$ の計測位置を示したものである。なお、 P_{xa} と P_{xi} はシャツタ制御方向（Y方向）に対して同位置であればどこの位置でもよい。

第64図は各計測位置 P_{xi} のX線強度計測値 D_{xi} からX線強度プロファイルを求めるまでの観察を説明する為のものである。各計測位置 $P_{x1} \sim P_{xn}$ で、X線ディテクター1551によって計測されたX線強度計測値 $D_{x1} \sim D_{xn}$ にX線強度補正曲線6401で示す様なX線強度の減衰分を補正し、X線強度の変化が無ったとして計測値を表したのが $D_{x1}' \sim D_{xn}'$ である。この $D_{x1}' \sim D_{xn}'$ にX線照度計1541でのX線基本強度計測値 D_{xa} とX線ディテクター1551でのX線基本強度計測値 D_{xb} の補正をかけ、X線照度計1541による各計測位置の計測データ値として換算したものが $D_{x1i} \sim D_{xni}$ である。すなわち $D_{x1i} \sim D_{xni}$ はX線照度計1541で D_{xa} を計測した時の各計測位置 $P_{x1} \sim P_{xn}$ でのX線照度計1541による計測データとすることができる。

に要する時間のデータテーブルとして算出したものである。シャツタの移動曲線は、第66図も参照して、露光時間曲線6501における最短露光時間 t_{min} とシャツタの先エッジ1531から後エッジ1532までの距離 L から一定速度区間における速度を求め、最短露光時間となる P_{min} 位置よりシャツタの移動開始側部分における露光時間の t_{min} からの各点での差分 Δt_{1a} はシャツタの先エッジ1531で、また、 P_{min} 位置よりシャツタの移動終了側部分における各点の差分 Δt_{1b} はシャツタの後エッジ1532の移動速度によって補正する様にシャツタの一定速度区間までの立上りカーブと一定速度区間後の立下りカーブを決定する。

第68図は、第49図で説明した本装置の全体シーケンスのうち、装置に設置された供給キャリア2501内のウエハ3の焼付けシーケンスステップ4928を示すフローチャートである。第49図の説明でも述べた様に、焼付け処理に必要なJOBデータはすでに装置本体にダウンロードされ、かつ、供給／回収キャリア2501、2502及びマスクカ

セット1310が正しく設置されているものとする。

ステップ6801からステップ6803までは、供給キャリヤ2501内の1枚目のウェハの処理フローであり、以降ステップ6815までは、装置内に同時に存在する2枚のウェハ（露光処理中のウェハと搬送処理中のウェハ）のそれぞれの処理を並列で行なっていることを表わす。まず、ステップ6801で供給キャリヤ2501の1枚目のウェハ3をイジエクターハンド2512で載着保持し、オリフラ検知ステージ1305マデ搬送し、オリフラ検知チャック1521に受け渡す。この時ウェハ3のオリフラの方向は不確定である。次に、ステップ6802で、オリフラ検知チャック1521にチャツキングされたウェハ3の重心（X、Y方向ズレ）取りと、オリフラ方向を一定方向にする処理を行う。オリフラの方向が定まり、設計位置からのズレも許容範囲となったウェハ3を、ステップ6803において、ロードハンド2530に搬送し、装置本体内のウェハチャック1807に受け渡す。

1903にマスク2が未装着の場合、ステップ6807に進み、このステップ6807では、マスク回収の必要性、つまりマスクチャック1903にマスク2が装着されている場合は、ステップ6808に、そうでない場合は直接ステップ6809のマスク設置に分岐する。ステップ6808ではマスクチャック1903にチャツキングされているマスク2をマスクハンド2602で保持し、カセット本体2801内の所定のカセットステージ3001に戻す。マスクチャック1903上にマスク2が装着されていない状態で、ステップ6809において、今度は逆に、カセット本体2801内の所定のマスク2をマスクハンド2602で搬送し、マスクチャック1903に装着する。この時の所定マスク情報は、この焼付けシーケンス開始前にダウンロードされているJOBデータにある。ステップ6810ではマスクチャック1903に装着しなおしたマスク2と装置本体とのアライメントをとる。

以上ウェハチャック1807上のウェハ3、マスクチャック1903上のマスク2がそれぞれ運送の基

ウェハチャック1807にチャツキングされたウェハ3は、この後、露光処理に入していくわけであるが、オリフラ検知チャック2521及びロードハンド2530がフリーになったので次のウェハ3の搬送も同時に進められる状態にある。よって、ステップ6804は、この並列処理の実行開始を示すものである。まず先に、ウェハチャック1807上有るウェハ3の露光処理をステップ6805からステップ6811に沿って述べ、その後にウェハの回収、次ウェハの供給処理をステップ6812からステップ6802に沿って述べる。

ウェハチャック1807にチャツキングされたウェハ3は、まず、ステップ6805で、ブリアライメントシステム1307により装置本体とアライメントをとる。次に、ステップ6806で、マスクチャック1903に保持されたているマスク2が、今露光しようとしているウェハ用であるか否かを判断し、所望マスク2であれば、すぐにウェハのステップ＆リピート露光処理に行き、逆に、所望のマスク2でない場合、あるいはマスクチャック

とアライメントがとれた状態で、ステップ6811のステップ＆リピート露光処理に行く。このステップ6811ではウェハ3上の各露光ショット（ウェハ上パターン8201）とマスク上パターン8202とのアライメントをとり、つづいて露光すると言う一連の処理を繰返し行う。全ショットあるいは所定数のショットの露光が完了すると、以下に説明するウェハの回収・供給処理との同期をとつて次のステップに進む。

ステップ6812からステップ6802のウェハ回収／供給処理について述べる。

まず、ステップ6812ではアンロードハンド2531で搬送してきたウェハ3があるか否か、つまり、今露光処理に入ったウェハが1枚目なのか2枚目以降かの判断をしており、2枚目以降のウェハ、つまり露光済のウェハがアンロードハンド2531により搬送されたならば、ステップ6813において、露光済ウェハをオリフラ検知ステージを仲介し、イジエクターハンド2512により回収キャリヤ2502に納める。ステップ6814で、次に露光すべ

きウエハ供給キヤリヤ内にあるか否か判断し、あれは、先に説明したと同じウエハ供給（ステップ6801）、オリフラ検知（ステップ6802）を行い、現在露光処理中のウエハの処理が終了すれば、直ちに露光処理に移れる準備をし、前のウエハの露光処理終了を待つ。

ステップ6817は、並列で処理している露光処理とウエハ回収／供給の同期を表している。両処理が終了するとステップ6803において、露光済ウエハ（ウエハチャック1807上ウエハ）をアンロードハンド2531で、次露光ウエハ（オリフラ検知チャック2521上ウエハ）をロードハンド2530で、それぞれ露光済ウエハはオリフラ検知チャック2521へ次露光ウエハはウエハチャック1807へ搬送する。搬送後、ステップ6815で、先のウエハ供給判断ステップ6814でウエハが供給されているならば、ステップ6804に戻り、露光処理とウエハ回収／供給処理を並列に行う。しかし、ステップ6814で供給されなかった場合、つまり、今露光を完了してオリフラ検知チャック

によってイジエクターハンド2515を元の位置に引き戻す（ステップ6906）。

ここで、供給ウエハ有無検知部2507によって次に供給されるウエハ3が有るかどうかの判定を行う（ステップ6907）。もし、ウエハ3が無かった場合はこの判定をNoで抜けて、ステップ6903と同様にして1ピツチ分だけ供給キヤリヤを下降させる（ステップ6908）。そして、搬送系コントロールユニット4601によって管理される供給ウエハのカウント数が所定値になったかどうかで、ウエハ供給の終了かどうかの判定を行う（ステップ6909）。終了でなければ、この判定をNoで抜けて再びステップ6907を実行する。

ステップ6907で次供給ウエハが有ると、この判定をYesで抜けてイジエクター1304をステップ6901と逆に旋回させて（ステップ6910）、イジエクターハンド2515をオリフラ検知ステージ1305の方向に向けた。次に、イジエクターウィ運動部2514によって、ウエハ3を吸着したイジエクターハンド2512を水平から垂直に回転

2521上にあるウエハが最終ウエハと判斷された場合には、次のステップ6813に行き、そのウエハ回収キヤリヤに納め、このシーケンスを終了する。

次に、第25図及び第69図を用いて、第68図に示したウエハ供給6801のシーケンスを説明する。

まず、イジエクターW・運動部2515によってイジエクター1304を旋回させてイジエクターハンド2512を供給キヤリヤ2501に対向させる（ステップ6901）。次に、イジエクターハンド2515が供給キヤリヤ2501内のウエハ3の下に来るよう、イジエクターXステージ2517を移動させる（ステップ6902）。次に、供給エレベーター運動部2504によって供給キヤリヤ2501をキヤリヤの1ピツチ分下降させ（ステップ6903）、イジエクターハンド2512の真空吸着を開始する（ステップ6904）。ウエハ3がハンド2515に吸着されると、ステップ6905の判定をYesで抜けるので、イジエクターXステージ2517に

させる（ステップ6911）。そして、ウエハ裏面がオリフラ検知チャック2521と対面する位置までイジエクターXステージ2517を移動させる（ステップ6912）。次に、イジエクターZステージ2520を移動させてウエハの裏面をオリフラ検知チャックの表面に接触させ（ステップ6913）、オリフラ検知チャック2521の真空吸着を開始する（ステップ6914）。ウエハ3がオリフラ検知チャック2521にも吸着されると、ステップ6915の判定をYesで抜けるので、イジエクターハンド2515の方の吸着を終了させる（ステップ6916）。次に、イジエクターZステージ2520を移動させて、イジエクターハンド2515とウエハ裏面とのクリアランスを確保する（ステップ6917）。最後に、イジエクターXステージ2517をホーム位置に移動させて、イジエクターハンド2515をオリフラ検知ステージ1305から離ざける（ステップ6918）。

第70図は第68図で説明した本装置の焼付処理のうちオリフラ検知ステップ6802のシーケンス

を示すフローチャートである。

オリフラ検知の開始状態では、第25図に示すオリフラ検知チャック2521にウエハ3が載され、オリフラは任意の方向を向き、ウエハ3の中心とオリフラ検知ステージ2523の中心（以下、本シーケンスの説明文中ではステージ中心と記す）との間には、第68図のウエハ供給6801シーケンス実行時の誤差によって生ずる偏心が存在している。また、オリフラ検知Xステージ2527及びオリフラ検知Yステージ2529は、計測を行う位置にある。

まず、第70図のステップ7001において、第46図のオリフラ検知インターフェース部4614を介してY軸駆動部4617を駆動し、オリフラ検知Yステージ2523を回転させ、等速回転中に等回転周期でウエハ1回転分のウエハエッジ位置の計測を行う。1ポイントの計測方法は、ステージ中心と同じ高さに設けられたラインセンサ2525にラインセンサ用投光系2524で一定時間光を照射し、照射時間中にラインセンサ2526に蓄積された

オリフラの向いている方向の関係により、1ヶあるいは2ヶであり、1ヶの場合はその部分がオリフラに相当するが、2ヶある場合にはどちらがオリフラか判断する必要がある。ステップ7003では、極小値の個数によってオリフラ判別の必要性を判断し、必要なければ処理をステップ7006に移している。

極小値が2ヶの場合には、オリフラに相当する部分ではデータ列 θ_1 の変化率が偏心によるもの変化と比較して大きいので、以下の手順でオリフラ判別を行う。ステップ7004では、各極小値から左右にデータ列 θ_1 をスキヤンし、その極小値に最小量 $\Delta\theta_1$ を加えた値をとる回転角（第71図の $\theta_{11}, \theta_{12}, \theta_{13}, \theta_{14}$ ）を算す。最小量 $\Delta\theta_1$ の設定は任意であるが、スキヤン中に2ヶの極小値の間にある極大値を超えないようにする必要があり、決定方法の1つとして極大値の小さい方と極小値の大きい方との差を $\Delta\theta_1$ とする方法がある。ステップ7005では、

$$\Delta\theta_1 = \theta_{14} - \theta_{11}$$

$$\Delta\theta_2 = \theta_{12} - \theta_{13}$$

電荷をオリフラ検知センサ信号処理部4616に通し、ウエハエッジ位置を出力として得るものである。この出力及びラインセンサ2525のステージ中心からの取り付け位置から、ステージ中心からウエハエッジまでの距離がわかる。ウエハ1回転分の計測終了後、オリフラ検知Yステージ2523が停止するまでに回転した角度をオーバーランの回転量として記憶し、補正運動時にファイドバックする。

オリフラ検知Yステージ2523の回転角 θ_1 に対するステージ中心からウエハエッジまでの距離 ℓ をグラフにしたもののが第71図である。7101は θ_1 の変化を示す曲線であり、偏心がないときは円弧に相当する部分は直線となる。7102はオリフラに相当する θ_1 の変化を示す曲線である。

ステップ7002からステップ7007までは、計測データの計算処理を行い、オリフラの位置を判定する。ステップ7002ではデータ列 θ_1 をスキヤンして極小値を検索し、極小値及びその極小値をとる回転角を記憶する。極小値の数は偏心と

して、 $\Delta\theta_1$ と θ_1 のうち小さい値を示す方がオリフラに相当すると判断する。

ステップ7006では、オリフラに相当する部分の計測点の組 (θ_1, ℓ_1) から、ステージ中心を原点とした座標系でのウエハエッジ位置座標 (X_1, Y_1)

$$X_1 = \ell_1 \cos \theta_1$$

$$Y_1 = \ell_1 \sin \theta_1$$

を求め、最小二乗法を用いてオリフラが乗っている直線の式 $Y = aX + b$ を求める。但し、この計算に用いる計測点は確実にオリフラ上の点でなければならず、ウエハ径、オリフラの長さ、偏心の最大可逆性から決定できる。

第72図はステージ中心座標系でウエハを示したものである。同図で、3はウエハ、7201はオリフラの乗っている直線、7202はウエハ中心、7203は原点であるところのステージ中心である。ステップ7007では、ステップ7006で求めた直線の式 $Y = aX + b$ より、ステージ中心7203から直線7201に下ろした垂線がX軸方向となす角度、即ちオリ

フラ方向 $\theta_{0,r}$ と、垂線の高さ、即ちステージ中心7203からオリフラまでの距離 $l_{0,r}$ とを以下の式から求める。

$$\theta_{0,r} = \tan^{-1}(-1/a)$$

$$l_{0,r} = \sqrt{X_c^2 + Y_c^2}$$

$$= \frac{|b|}{a^2+1}$$

ここで (X_c, Y_c) は前記垂線の足の座標である。因し、ここでは $\theta_{0,r}$ は \tan^{-1} で求めているので、 $-90^\circ < \theta_{0,r} < 90^\circ$ となっている。従って、 (X_c, Y_c) から $0^\circ \leq \theta_{0,r} < 360^\circ$ になるよう補正する必要がある。

ステップ7008からステップ7010までは、ウエハをロードハンド2530に受け渡す位置まで計算値に基づいて補正運動を行う。ステップ7008では、ステップ7007で求めたオリフラ方向 $\theta_{0,r}$ に計測時のオーバーランの回転量を加味してオリフラが指定方向を向くように補正運動量を算出し、オリフラ検知インターフェース部4614を介して

Y軸駆動部4617を駆動し、オリフラ検知ステージ2523を駆動量が少ない方に回転させる。このとき、バツクラッシュユを離くため、最終的には一方から突き当てるとする。ステップ7009では、ステップ7007で求めたステージ中心からオリフラまでの距離 $l_{0,r}$ を用いて、オリフラの高さがX方向突き当てる時の高さになるように、オリフラ検知インターフェース部4614を介してY軸駆動部4616を駆動し、オリフラ検知Yステージ2529を移動させる。ステップ7010では、ラインセンサ2525及びラインセンサ用投光系2524を用い、オリフラ検知センサ信号処理部4618を通してウエハエツジ位置を検出しながら、オリフラ検知インターフェース部4614を介してX軸駆動部4615を駆動し、オリフラ検知Xステージ2527を移動させ、一方突き当てるウエハを設計位置に移動させる。

次に、第23図及び第73図を用いて第68図に示したロード／アンロード6803のシーケンスを説明する。

まず、ウエハトラバーサー1306のロードハンド2530がオリフラ検知チヤツク2521上の供給ウエハの裏面側に入れるように、オリフラ検知Yステージ2529を上方に移動させてウエハを退避させる(ステップ7301)。次に、トラバーサX駆動部2538によって、ストロークの中央のホーム位置にいるロードXステージ2536及びアンロードXステージ2537をロードハンド2530がオリフラ検知ステージ1305側へ、アンロードハンド2531がウエハステージへ側へ来るよう移動させる(ステップ7302)。次に、ロードZ0ステージ2532を移動させて、ロードハンド2530がオリフラ検知チヤツク2521上の供給ウエハ裏面側に来るよう動かす(ステップ7303)。そして、オリフラ検知Yステージ2529を下降させて元の位置に戻す(ステップ7304)。次に、ロードZ0ステージ2532を移動させて、ウエハ裏面にロードハンド2530を接触させ(ステップ7305)、ロードハンド2530の真空吸着を開始する(ステップ7306)。供給ウエハ3がロードハンド2530に

吸着されると、ステップ7307の判定をYesで抜けるので、オリフラ検知チヤツク2521の方の吸着を終了させる(ステップ7308)。そして、ロードZ0ステージ2532を移動させて、供給ウエハを吸着したロードハンド2530を元の位置(ロードZ0ステージのホーム位置)に戻す(ステップ7309)。

一方、アンロードハンド2531はアンロードZwステージ2533の移動によって、ウエハチヤツク1807上の回収(露光済み)ウエハの裏面側となる位置に来るよう動かされる(ステップ7310)。そして、ウエハステージ1899を露光時の位置からウエハ受渡し位置へ移動(下降)させる(ステップ7311)。次に、アンロードZwステージ2533を移動させて、回収ウエハ裏面にアンロードハンド2531を接触させ(ステップ7312)、アンロードハンド2531の真空吸着を開始する(ステップ7313)。回収ウエハがアンロードハンド2531に吸着されると、ステップ7314の判定をYesで抜けるので、ウエハチヤツク1807の方の吸着を

終了させる(ステップ7316)。そして、アンロード2ロードステージ2533を移動させて、回収ウエハを搬送したアンロードハンド2533を元の位置(アンロード2ロードステージのホーム位置)に戻す(ステップ7316)。

次に、トラバー・X駆動部2538によって、ロードXステージ2536及びアンロードXステージ2537をロードハンド2530がウエハ・ステージ側へ、アンロードハンド2531がオリフラミンチヤツク2521表面に接触させ(ステップ7317)。次に、ロードZ0ステージ2532を移動させて、ロードハンド2530に搬送保持された供給ウエハをウエハチャツク1807表面に接触させ(ステップ7318)、ウエハチャツク1807の真空吸着を開始する(ステップ7319)。供給ウエハがウエハチャツク1807に吸着されると、ステップ7320の判定をYesで続けるので、ロードハンド2530の方の搬送を終了させる(ステップ7321)。そして、ロードZ0ステージ2532を移動させて、ロードハンド2530と供給ウエハ裏面とのクリアランス

(ステップ7331)。次に、トラバーサ・X駆動部2538によって、ロードハンド2530及びアンロードハンド2531がストロークの中央のホーム位置に来るようロードXステージ2536及びアンロードXステージ2537を移動させる(ステップ7332)。最後に、オリフラミンチヤツク2529を元の位置に戻す(ステップ7333)。

なお、供給ウエハが無い場合には、ステップ7301、7303~7309及び7318~7324は実行されない。同様に回収ウエハが無い場合には、ステップ7310~7316、7325~7331及び7333は実行されない。

第74図は、第68図で説明した本装置の操作処理のうち、ウエハプリアライメントステップ6805のシーケンスを示すフローチャートである。このフローチャートは第2レイヤー以降のウエハ、つまりシニ...の上にテクノロジ...マークが描かれており、その状態のウエハ3のプリアライメントを示している。

なお、ウエハプリアライメントを開始する状態

を確保する(ステップ7322)。

次に、ウエハステージをプリAA位置へ移動(上昇)させ(ステップ7323)、ロードハンド2530を元の位置(ロードZ0ステージのホーム位置)に戻す(ステップ7324)。一方、アンロードハンド2531はアンロード2ロードステージ2533の移動によって、搬送保持した回収ウエハをオリフラミンチヤツク2521表面に接触させ(ステップ7325)、オリフラミンチヤツク2521の真空吸着を開始する(ステップ7326)。回収ウエハがオリフラミンチヤツク2521に吸着されると、ステップ7327の判定をYesで続けるので、アンロードハンド2531の方の搬送を終了させる(ステップ7328)。そして、アンロード2ロードステージ2533を移動させて、アンロードハンド2531と回収ウエハ裏面とのクリアランスを確保する(ステップ7329)。次に、オリフラミンチヤツク2529を上方に移動させて回収ウエハを退避させ(ステップ7330)、アンロードハンドを元の位置(アンロード2ロードステージのホーム位置)に戻す(ステ

では、前段シーケンスのオリフラミンチヤツク及びウエハロード誤差により、ウエハ3は、第75図に示す様に、ウエハチャツク1807へのチャツキング時の設計位置7501にはならず、X、Y及び回転方向にズレが生じた実際の位置7502になっている。また、ウエハ3の厚みも、理想ウエハの様な均一厚さではなく、厚みムラ、特にくさび成分を有している。

まず、ステップ7401で第1マークを計測する為に、第17図X駆動ステージ1710及びY駆動ステージ1705を駆動して、プリ光学系の対物レンズ2106(第21図参照)と第1マークの設計位置7503とが対向する様にする。次に、ステップ7402において、Zチルト駆動用インチワーム1813(第18図参照)によってZチルトステージ1805を移動する。この際、Zチルト駆動用インチワーム1813の内歯け、Zチルト駆動用変位センサ1820の出力に基づいて制御され、Zチルトステージ1805は予め設定されている基準ギヤップ値Zmに対応する様だけ移動する。これにより、第25図に示した

プリAF系2119～2124で、Zチルトステージ1805上のウェハ3のZ方向位置(Z方向ギャップ)を計測することが可能となる。

ステップ7403において、第21図のPSD2124の出力を第39図のプリAA・AF制御部3907で処理し、ギャップ値 Z_1 を計測する。ステップ7404では計測した実際のギャップ値 Z_1 と設定ギャップ値 S_{set} から補正駆動量($\Delta Z_1 = Z_{\text{set}} - Z_1$)を算出し、現在計測しているウェハ面が Z_{set} のギャップになる様、Zチルト駆動用インチワーム1813を駆動し、Zチルトステージ1805を移動させる。この状態で、プリAA光学系(第21図参照)のピント合せが達成されることになる。次に、ステップ7405において、第21図のカメラセンサー2117の出力をプリAA・AF制御部3910で処理し、第1マークの設計位置7503と実際位置7505とのズレ ΔX_1 、 ΔY_1 を計測する。以上、ステップ7401からステップ7405の処理により、第1マーク位置での理想ウェハとの厚み差 ΔZ_1 及び設計位置からのズレ量(ΔX_1 、 ΔY_1)が求められた。

ておく。もししくは、直ちに補正駆動をかける。最後に、ステップ7415においてZチルトステージ1803を下げ、チヤッキングされているウェハ3をプリ光学系の対物レンズ2106から遠ざける位置に移動させる。

なお、以上の説明では、第2レイヤー以降のウェハを対象に述べたが、第1レイヤーのウェハの場合、アライメントズレ計測をするべきマークがウェハ上にないので、ステップ7405、7410のAA計測、ステップ7404、7409のピント出し駆動、ステップ7412の $\Delta \theta_1$ トレランス判定、ステップ7413の θ 補正駆動が不要となる。すなわち、この場合プリアライメントシーケンスは、ウェハの厚み誤差 ΔZ_{PA} を求める、露光時に反映させることが目的となる。

次に、プリアライメント補正量の計算式を第75図を用いて説明する。前述のヘテノミクスによるとステップ7410で計測したそれぞれのX、Y方向のズレ量(ΔX_1 、 ΔY_1)(ΔX_2 、 ΔY_2)より、ウェハ3全体のX、Y方向ズレを両者の平均と

灰に、ステップ7406からステップ7410において、第2マークに対して第1マークで行なったと同じ処理を実行し、第2マーク位置での理想ウェハとの厚み差 ΔZ_2 ($= Z_{\text{set}} - Z_2$)、及び設計位置7504からの実際位置7506のズレ量(ΔX_2 、 ΔY_2)を求める。

ステップ7411において2つのマークズレからウェハ3の回転ズレ $\Delta \theta_1$ を算出する。ここで添字1は以下説明する補正駆動ループのイテレーション回数を示す。算出した $\Delta \theta_1$ をステップ7412で、予め設定された許容回転ズレと比較し、許容範囲外と見なされたなら、ステップ7413において、第18図に示すθ駆動ステージ1806をθ駆動機構1814～1816の駆動によりズレ量 $\Delta \theta_1$ だけ補正し、再びステップ7401に戻り第1マークのマークズレ計測から繰返す。逆に許容範囲内と見なされたなら、ステップ7414において、このプリアライメントシーケンスで求めたウェハの厚み誤差 ΔZ_{PA} 、設計位置からのズレ(ΔX_{PA} 、 ΔY_{PA})及び $\Delta \theta_{PA}$ を露光時に補正がかけられる様記憶し

して、

$$\Delta X_1 = (b \cdot \Delta X_1 + a \cdot X_2) / L$$

$$\Delta Y_1 = (b \cdot \Delta Y_1 + a \cdot Y_2) / L$$

求める。ここで、aはウェハ中心7507から第1マーク設計位置7503までの距離(X方向距離)、bはウェハ中心7507から第2マーク設計位置7504までの距離(X方向距離)であり、マーク間距離 $L = a + b$ である。また添字2は前回のフローチャートの補正駆動ループのイテレーション回数を示す。また、回転ズレを両マーク間の距離とそれぞれのY方向へのズレ量より

$$\Delta \theta_1 = (\Delta Y_2 - \Delta Y_1) / L$$

とする。ここで、Y方向のズレを用いて回転ズれを算出しているのは、この図で示す様に、ウェハ中心7507をはさんで左右方向に第1マーク、第2マークを配置している為であり、もしウェハ中心をはさんで上下方向にマークが配置されていればX方向ズレにより求めることになる。

添字1が付いているこれらのズレ量は、今回のイテレーションでのズレ量であり、前回までの

ループを始めたこのシーケンス全体でのズレ修正を

$$\Delta X = \Delta X + \Delta X_i$$

$$\Delta Y = \Delta Y + \Delta Y_i$$

として更新する。

最後にステップ7414でのブリアライメント補正量は

$$\Delta Z_{PA} = (b \cdot \Delta Z_1 + a \cdot \Delta Z_2) / L$$

$$\Delta X_{PA} = \Delta X$$

$$\Delta Y_{PA} = \Delta Y$$

$$\Delta \theta_{PA} = \Delta \theta_1$$

となる。ここで $\Delta \theta_{PA}$ はθ補正しきれなかった量（ただしトレランス内）であり、露光時にそのショット位置ごとのX, Y成分に換算して補正する。

次に、第17図、第27～29図及び第76図を用いて、第68図に示したマスク回収6808のシーケンスを説明する。まずウエハステージ1899をマスク搬送系の動作に干渉しない位置（SOR側から見て露光中心の左上方）に退避させる（ステップ

マスクステージチヤツクマグネットに対する運動を中止する（ステップ7609）。

次に、トラバースユニット2601を、アームユニット2603が旋回可能な、マスクステージ1901とマスクカセット1301の真ん中のホーム位置へ移動させる（ステップ7610）。そして、アーム旋回用のモータ2707によって、マスクハンド2602がマスクステージ方向からマスクカセット方向に向くようにアームユニット2603を旋回させる（ステップ7611）。次に、トラバースユニット2601を前記ホーム位置からマスクカセット側へ移動させる（ステップ7612）。そして、トラバースユニット2601によってマスク2を把持したマスクハンド2602をカセットステージ3001に対して突き当てる（ステップ7613）。

ステップ7605と同様にして、所定の突き当て力が得られるとステップ7614の判定をYesで抜ける。次に、マスクチヤツク3002を運動し、せん断力をなくし（ステップ7615）、マスクハンド上下用モータ2706によってマスクハンド2602

（ステップ7601）。次に、マスクハンド2602を開いて（ステップ7602）、トラバースユニット2601をマスクカセット側の待機位置からマスクステージ側まで移動させる（ステップ7603）。そして、トラバースユニット2601によって、マスクステージ1999上に設置保持されているマスク2に対してマスクハンド2602を突き当てる（ステップ7604）。その際の突き当て力を突き当てセンサ2705で検出して、所定の突き当て力が得られたかどうかを判断する（ステップ7605）。所定の突き当て力に足りなければ、このステップの判定をNoで抜けてステップ7604に戻る。所定の突き当て力が得られれば、この判定をYesで抜けてマスクハンドを閉じる（ステップ7606）。

次に、マスクステージ1999のチヤツクマグネットに電流を流す逆駆動によってマスク2に対するせん断力をなくし（ステップ7607）、マスクハンド上下用モータ2706によってマスクハンド2602をZ方向に移動させて、マスクステージ1901からマスク2を分離する（ステップ7608）。そして、

をZ方向に移動させて、マスク2をカセットステージ面と接触させる（ステップ7616）。そして、マスクチヤツク3002の逆駆動を中止して、マスクチヤツク3002によってマスク2を設置保持する（ステップ7617）。最後に、マスクハンド2602を開いて（ステップ7618）、トラバースユニット2601をホーム位置に移動させ（ステップ7619）、マスクハンド2602を閉じる（ステップ7620）。

次に、第17図、第27～29図及び第76図を用いて、第68図に示したマスク挿入6809のシーケンスを説明する。まず、インテクサ2810を駆動して、カセット本体2801を1マスク分ずつ回転させ（ステップ7701）、次に使用するマスクかどうかのチェックを行う（ステップ7702）。指定マスクであれば、ステップ7702の判定をYesで抜ける。次に、マスクハンド2602を開いて（7703）、トラバースユニット2601をマスクステージ1999とマスクカセット1310の真ん中のホーム位置からマスクカセット側へ移動させる（ステップ7704）。そして、カセットステージ

3001 上に吸着保持されているマスク 2 に対して、トラバースユニット 2601 によってマスクハンドを突き当てる(ステップ 7705)。その際の突き当てセンサ 2705 で検出して、所定の突き当て力が得られたかどうかを判断する(ステップ 7706)。所定の突き当て力に足りなければ、このステップの判定を No で抜けてステップ 7705 に戻る。所定の突き当て力が得られれば、この判定を Yes で抜けてマスクハンド 2602 を閉じる(ステップ 7707)。

次に、カセットステージ 3001 のチャックマグネットに電流を流す駆動部によってマスク 2 に対する吸着力をなくし(ステップ 7708)、マスクハンド上下用モータ 2706 によってマスクハンドを Z 方向に移動させて、カセットステージ 3001 からマスク 2 を分離する(ステップ 7709)。そして、カセットステージチャックマグネットに対する駆動部を中止する(ステップ 7710)。

次に、トラバースユニット 2601 をアームユニット 2603 が旋回可能なホーム位置へ移動させる

スクハンド 2602 を開いて(ステップ 7719)、トラバースユニット 2601 をマスクカセット側の待機位置に移動させ(ステップ 7720)、マスクハンドを閉じる(ステップ 7721)。

第 78 図は、第 68 図で説明した本装置の焼付装置のうちマスクアライメントのシーケンス、即ちステップ 6810 を示すフローチャートである。マスクアライメントを開始する状態では、前段のノーケンスのマスク設置時のチャックング精度により、第 79 図に示す様に、マスクチャック 1903 へのマスク 2 のチャックングは設計位置 7901 にならず、X、Y 及び回転方向にズレが生じ、実際のチャックング位置 7902 になっている。よって、これから計測すべきマスク AA マーク (Y_u マーク、Y_l マーク、X_u マーク、X_l マーク) も設計位置 7903～7906 からそれぞれ実際位置 7907～7910 にズれている。

まず、ステップ 7801 で、4 つあるピックアップ 2401 がそれぞれ計測しようとしているマークの設計位置 7903～7906 に対応するように、ピック

(ステップ 7711)。そして、アーム旋回用のモータ 2707 によって、マスクハンド 2602 がマスクカセット方向からマスクステージ方向に向くよう、アームユニットを旋回させる(ステップ 7712)。次に、トラバースユニット 2601 を前記ホーム位置からマスクステージ側へ移動させる(ステップ 7713)。そして、トラバースユニット 2601 によって、マスク 2 を把持したマスクハンド 2602 をマスクステージ 1901 上のマスク位置決め V ブロック 1905 に対して突き当てる(ステップ 7714)。

ステップ 7706 と同様にして、所定の突き当て力が得られると、ステップ 7715 の判定を Yes で抜ける。次に、マスクステージ 1999 のチャックマグネットを駆動して吸着力をなくし(ステップ 7716)、マスクハンド上下用モータ 2706 によってマスクハンド 2602 を Z 方向に移動させて、マスク 2 をマスクステージ面に接触させる(ステップ 7717)。そして、チャックマグネットの駆動部を中止して、チャックマグネットによってマスク 2 を吸着保持する(ステップ 7718)。最後に、マ

アップステージ 2411 を駆動する。次に、各マークを計測していくわけであるが、前述したように、マスクアライメントに利用される座標基準マーク 1821 (第 18 図参照) は Z チルトステージ 1805 上の 1ヶ所にまとめられており、同時に 4 マークを計測することは不可能である。従って、本実施例では、座標基準マーク 1821 をそれぞれのマークと順に対応させ、シーケンシャルに計測していくことになる。すなわち、以下に説明するステップ 7802 からステップ 7811 までの一連の処理が、1 マーク計測にかかるシーケンスであり、このループを 4 回繰返すことにより、1 回のズレ計測が行える。

ステップ 7802において、今計測しようとしているマスク AA マークの設計位置、たとえば 7903 と対応する位置に Z チルトステージ 1805 上にある座標基準マーク 1821 がくる様に、Y 駆動ステージ 1705 及び X 駆動ステージ 1710 を駆動する。ステップ 7803においては、マスク 2 と座標基準マーク 1821 とのギャップ計測が、第 23 図に

まずピックアップ2401を用いて行える位置までZチルトステージ1805をZチルト駆動用インチワーム1713を駆動して移動させる。そして、ステップ7804において、第23回のAFセンサ2332の出力を第39回に示したファインAA・AF制御部3910より処理し、AF信号 Z_a （マスクAAマーク7903の場合）を計測する。

次に、ステップ7805で、現在の計測値 Z_a とマスクAA計測の為の設定ギャップ Z_{sa} とから補正駆動量 $\Delta Z_a = Z_{sa} - Z_a$ を算出し、マスク2と座標基準マーク1821とのギャップが設定ギャップ Z_{sa} になる様Zチルト駆動用インチワーム1813を駆動し、Zチルトステージ1805を移動させる。この後、ステップ7806において、第23回のAAセンサ2321の出力をファインAA・AF制御部3910で処理することにより、AA信号 ΔY_a （マスクAAマーク7903の場合）を計測する。この信号は、座標基準マーク1821とマスクAAマークのズレから生じるものである。なお、座標基準マーク1821はステージ1899の送り精度により、

述べたステップ7802から7810のシーケンスにより計測を経る。

もし、4マークの計測が終了したら、ステップ7812でマスク全体の設計値からのズレ ΔX_i , ΔY_i 及び $\Delta \theta_i$ を、4つの計測データ ΔY_a , ΔX_a , ΔY_L , ΔX_L から求める。ここで添字iは補正駆動ループのイテレーション回数を示す。ステップ7813で、このズレ量を予め定められている許容値と比較し、トレランス内なら、ステップ7812で算出したズレ量を、露光時の補正量となる総記憶し、マスクアライメントシーケンスを終了する。逆に、ズレ量がトレランス外なら、ステップ7815で $\Delta \theta$ を補正する様、マスク8プレート1912を駆動し、再び、4マークを計測する為にステップ7801に戻る。ステップ7801に戻り、ピックアップ2410を移動する理由は、マスク2自身を動かしたためである。さらに、ステップ7802での座標基準マーク1821の設定位置も、1回目のマスクAAマークの設計位置7903～7906ではなく、ステップ7812で算出した ΔX_i , ΔY_i 及び $\Delta \theta_i$ を考慮

ほぼ設計位置にあるので、このズレはマスクAAマークの設計位置からのズレとなる。

ステップ7808において、計測した値が充分な計測精度が得られるトレランス内か否かを判別し、トレランス外ならば、計測しているズレに応じて方向あるいはY方向へのステージ1899の補正駆動を行い、座標基準マーク1821をマスクAAマークの実際の位置例えば7907に近づけ、再びAA計測をする為にステップ7806に戻る。なお、この時駆動した量もマークズレ量に加える。もし、ステップ7808でトレランス内と判別されたなら、1マークに対する計測を完了したことになり、ステップ7810で座標基準マーク1821がマスク2から離れる方向にZチルトステージ1805を駆動し、座標基準マーク1821が他のマスクAAマークと対応できる準備をする。ステップ7811で、4マークすべての計測が終ったかチェックし、まだ未計測のマークが残っているならステップ7802に戻り、座標基準マーク1821を次のマスクAAマークの設計位置、例えば7904と対向させ、上で

した位置となる。

次に、第79図を用いて、マスクアライメント補正量の具体的な計算式を示す。前回のステップ7806で計測した、4マークそれぞれのX, Y方向のズレ量、 ΔY_a , ΔX_a , ΔY_L , ΔX_L より、マスク2全体の設計位置からのX, Y方向ズレを

$$\Delta X_i = (\Delta X_a + \Delta X_L) / 2$$

$$\Delta Y_i = (\Delta Y_a + \Delta Y_L) / 2$$

なる平均値とする。ここで添字iは前回のフローチャートの補正駆動ループのイテレーション回数を表す。この場合、各マスクAAマークの設計位置7903～7906はマスク2の中心から対称な位置に配置されているものと考えている。次に、回転ズレをX, Yの各方向で向かいあうマーク間の距離と、それぞれのX方向ズレ, Y方向ズレより、

$$\Delta \theta_i = n - \Delta \theta_Y + (1-n) \cdot \Delta \theta_X, 0 \leq n \leq 1$$

ただし、 $\Delta \theta_Y = (\Delta Y_L - \Delta Y_a) / L$

$$\Delta \theta_X = (\Delta X_L - \Delta X_a) / L$$

とする。 $\Delta \theta_Y$, $\Delta \theta_X$ は、それぞれYズレ情報

からの回転ズレ量、 ΔX_1 より回転からの回転ズレ量であり、 $\Delta \theta_1$ はその $\Delta \theta_v$ 、 $\Delta \theta_s$ の一枚総となっている。 $n = 0.5$ なら $\Delta \theta_1$ は $\Delta \theta_v$ 、 $\Delta \theta_s$ の平均である。

また、計測時に、あるマーク、例えば ΔX_u の計測エラーが生じた場合には、

$$\Delta X_1 = \Delta X_u$$

$$\Delta \theta_1 = \Delta \theta_v$$

とする事で、マスク全体のズレを求める事も可能である。

添字 1 が付いているこれらのズレ量は、今回のイテレーションでのズレ量であり、ループを含めた本シーケンス全体でのズレ総量を

$$\Delta X_{\text{sum}} = \Delta X_{\text{sum}} + \Delta X_1$$

$$\Delta Y_{\text{sum}} = \Delta Y_{\text{sum}} + \Delta Y_1$$

$$\Delta \theta_{\text{sum}} = \Delta \theta_{\text{sum}} + \Delta \theta_1$$

として更新する。前回のステップ 7812 で記憶する、露光時に考慮する補正量は、これらの最終時の値となる。 $\Delta \theta_{\text{sum}}$ は、マスク 0 プレート 1912 にフィードバックされる量であり、 ΔX_{sum} 、 ΔY_{sum}

て、第 23 図に示すように、アライメント用の投光ビーム 2307 がマスク上マーク 2332 のそれぞれに当たる様にする。次に、ステップ 8002 で、ステージ制御部 3918 を介して X 駆動ステージ 1710 及び Y 駆動ステージ 1705 を駆動し、第 82 図に示すように、これから露光しようとするウエハ上バターン 8201 がマスク上バターン 8202 と対向する様にする。そして、ステップ 8003 で、ステージ制御部 3918 を介して Z チカルステージ 1805 を駆動し、ウエハ 3 とマスク 2 との距離がピツカアップ 2401 で計測できる位置 (AF 計測ギャップ位置) まで移動させる。続いて、ステップ 8004 では 4 つのピツカアップ 2401 の各 AF センサ 2332 の出力を第 39 図に示したファイン AA・AF 制御部 3910 で処理して、4 つのマーク位置でのマスク上マーク 2332 とウエハ上マーク 8203 との AA 方向のずれ ΔX_1 、 ΔX_u 、 ΔY_1 、 ΔY_u を計測する。ステップ 8005 では、前ステップで計測した 4 点のずれ量から、ショット中心におけるマスク上バターン 8202 とウエハ上バターン 8201 とのずれ ΔX 、 ΔY 、 $\Delta \theta$ を前述のように計算する。ステップ 8006 では、前ステップで計算したずれ量 ΔX 、 ΔY 、 $\Delta \theta$ をトレランス判定する。トレランス外ならば、ステップ 8009 でステージ制御部 3918 を介して X 駆動ステージ 1710、X 駆動ステージ 1803、Y 駆動ステージ 1705、Y 駆動ステージ 1802 を駆動して、ウエハステージ側で X、Y 方向のずれ

はそれぞれウエハ側の X 駆動ステージ 1710、Y 駆動ステージ 1705 にフィードバックされる様である。

第 80 図は、第 68 図で説明した本実験の実行過程のうちステップアンドリピート露光ステップ 6811 のシーケンスを示すフローチャートである。ただし、このフローチャートは、前述のプリアライメントシーケンスと同様、第 2 レイヤー以降のウエハ、つまりウエハ 3 上にすでにアライメントマークが描画されているウエハ 3 に対するステップアンドリピート露光の開始状態では、ウエハ 3 はプリアライメント 6805 を終了してウエハチヤック 1807 に接続されており、マスク 2 はマスクアライメント 6810 を終了してマスク 0 ずれ $\Delta \theta_{\text{sum}}$ がされた状態でマスクチヤック 1903 に接続されている。

まず、ステップ 8001 で、アライメントマークを計測する為に、ピツカアップステージ制御部 3906 を介して 4 つのピツカアップ 2401 を駆動し

駆動量 ΔZ 、 $\Delta \omega_x$ 、 $\Delta \omega_y$ を算出し、ステージ制御部 3918 を介して Z チカルステージ 1805 を移動させる。この状態でオートフォーカスが完了し、マスク 2 とウエハ 3 との間のギャップがほぼ等しく保たれている。

次に、ステップ 8006 で、4 つの AA センサ 2331 (第 23 図参照) の出力をファイン AA・AF 制御部 3910 で処理して、4 つのマーク位置でのマスク上マーク 2332 とウエハ上マーク 8203 との AA 方向のずれ ΔX_1 、 ΔX_u 、 ΔY_1 、 ΔY_u を計測する。ステップ 8007 では、前ステップで計測した 4 点のずれ量から、ショット中心におけるマスク上バターン 8202 とウエハ上バターン 8201 とのずれ ΔX 、 ΔY 、 $\Delta \theta$ を前述のように計算する。ステップ 8008 では、前ステップで計算したずれ量 ΔX 、 ΔY 、 $\Delta \theta$ をトレランス判定する。トレランス外ならば、ステップ 8009 でステージ制御部 3918 を介して X 駆動ステージ 1710、X 駆動ステージ 1803、Y 駆動ステージ 1705、Y 駆動ステージ 1802 を駆動して、ウエハステージ側で X、Y 方向のずれ

を補正し、一方でマスク②プレート1912を駆動してマスクステージ側で日ずれを補正し、ステップ8006のAA計測に戻る。

ステップ8006でX, Y, 日ずれがトレランス内ならば、ステップ8010で1ショット露光を行う。ここでは、Xの角度計1541で現在のX鏡強度を測定し、必要光量から前述のように露光時間求めめる。この露光時間とX鏡1のはく分（プロファイル補正用データ）をシャッタ制御部3913に与え、露光ショット全面にマウントX鏡1が駆動される様にメインシャンタユニット1501を駆動する。

露光が終了したら、ステップ8011で、ステージ制御部3918を介してギャップ解除位置までZチルトステージ1805を駆動し、ウェハ3をマスク2から離さける。そして、ステップ8012で次に露光すべきショットがあるか無いかを判断し、無ければ本シーケンスを終了し、有れば次のショットの露光の為にステップ8002に戻る。

なお、以上の説明では、第2レイヤー以降のウェ

ハを対象に述べたが、第1レイヤーのウェハの場合、アライメントそれを計測するべきマークがウェハ上にないので、ステップ8006～8009のAA計測ずれ量計算、トレランス判定、補正動作が不要となる。すなわち、本ステップアンドリピート露光シーケンスでは、ウェハ3の厚みムラや歪みの焼付への影響を除くことが目的となる。

Zチルト補正量の計算式を第81図を用いて説明する。ステップ8004で、ウェハ3がAF計測位置近傍にある状態で計測した4つのマーク位置でのマスク2とウェハ3との間のギャップから、そのショットを平面に近似する。ウェハ3は本来平面ではあるが、厚みムラがあり、またプロセスが進むにつれて歪みが生じるので、露光しようとするショット全体で、AA計測ショット露光ギャップ位置からのずれが最も小さくなる様に、ギャップ補正をする必要がある。まず、4つの計測ポイントの座標とそれぞれの位置でのギャップ計測値を、3次元座標

$$(x_i, y_i, z_i) \quad i = 1 \sim 4$$

とし、平面方程式

$$ax_i + by_i + cz_i = 1 \quad i = 1 \sim 4$$

を與たすパラメータ(a, b, c)を最小二乗法により解く。

次にこの近似平面からZチルト補正量を求める。この平面の法線ベクトル $\bar{v} = (a, b, c)$ を正規化し、

$$\bar{v}_n = (a_n, b_n, c_n).$$

$$\|\bar{v}_n\| = \sqrt{a_n^2 + b_n^2 + c_n^2} = 1$$

とする。今、合わせたい平面の法線ベクトルは、 $\bar{v} = (0, 0, 1)$

なので、ショット中心におけるチルト補正量、即ちX軸まわりの補正量 $\Delta\omega_x$ 、及びY軸まわりの補正量 $\Delta\omega_y$ は、

$$\Delta\omega_x = \tan^{-1}(b_n / c_n)$$

$$\Delta\omega_y = \tan^{-1}(a_n / \sqrt{b_n^2 + c_n^2})$$

となる。一方、Z補正量 ΔZ は前記平面の式から

$$\Delta Z = z_n - z_{av}$$

となる。ここで、 z_n はショット中心(x_n, y_n)での近似平面のギャップであり、

$$z_n = (1 - ax_n - by_n) / c$$

で表わされ、 z_{av} はAA計測ショット露光ギャップ位置である。上記手順で求められたZチルト補正量 ΔZ 、 $\Delta\omega_x$ 、 $\Delta\omega_y$ をステージ制御部3918に与えることによって、Zチルトステージ1805を駆動し、露光ショットのウェハ表面をAA計測ショット露光ギャップ位置にはば一致させる。

次に、X, Y, 日補正量の計算式を第82図を用いて説明する。ステップ8006で計測した4つのマーク位置でのずれ量 $\Delta X_0, \Delta X_1, \Delta Y_0, \Delta Y_1$ から露光するショット中心でのX, Y, 日方向のずれを計算する。各マークではマスク上マーク2332とウェハ上マーク8203のX方向あるいはY方向のどちらか一方のずれを検出するので、ショット中心でのX, Y方向のずれは向かいあうマークのずれの平均

$$\Delta X = (\Delta X_0 + \Delta X_1) / 2$$

$$\Delta Y = (\Delta Y_0 + \Delta Y_1) / 2$$

となる。また、日方向のずれは、向かいあうマーク間の距離 L_x, L_y と各マーク位置でのずれより、

$$\Delta \theta = n \cdot \Delta \theta_v + (1-n) \Delta \theta_z, \quad 0 \leq n \leq 1$$

$$\text{ただし } \Delta \theta_v = (\Delta Y_s - \Delta Y_c) / L_v$$

$$\Delta \theta_z = (\Delta X_s - \Delta X_c) / L_z$$

となる。 $\Delta \theta_v$ 、 $\Delta \theta_z$ はそれぞれYズレ情報からの回転ずれ量、Xズレ情報からの回転ずれ量であり、 $\Delta \theta$ はその $\Delta \theta_v$ 、 $\Delta \theta_z$ の一次結合となっている。 $n = 0.5$ なら $\Delta \theta$ は $\Delta \theta_v$ 、 $\Delta \theta_z$ の平均である。もし、計測時にあるマーク、例えば ΔX_s 、計測エラーが生じた場合や露光ショットがウエハの端に位置していて ΔX_s の計測が不可能な場合には、

$$\Delta X = \Delta X_s$$

$$\Delta \theta = \Delta \theta_v$$

とすることでマスク上パターン8202とウエハ上パターン8201とのずれを求めることが可能となる。これらのずれ量 ΔX 、 ΔY 、 $\Delta \theta$ はそれぞれステージ駆動部3918にフィードバックする値であり、 ΔX 、 ΔY はウエハステージ側で、 $\Delta \theta$ はマスクステージ側で補正駆動を行うのは前述した通りである。

次に、第25図及び第83図を用いて、第68図に

2514によって、イジエクターハンド2512を垂直から水平に回転させる（ステップ8308）。次に、イジエクター山 \times 駆動部2515によってイジエクター1304を旋回させて、イジエクターハンド2512を回収キヤリヤに対向させる（ステップ8309）。次に、イジエクターハンド2512に吸着された回収ウエハが回収キヤリヤ内に入るよう、イジエクター \times ステージ2517を移動させる（ステップ8310）。

そして、イジエクターハンド2512の吸着を終了して（ステップ8311）、回収エレベータ駆動部2509によって回収キヤリヤ1ビッチ分上昇させる（ステップ8312）。次に、イジエクター \times ステージ2517によってイジエクターハンド2512を元の位置に引き戻し（ステップ8313）、イジエクター1304をステップ8309と逆に旋回させて（ステップ8314）第25図の状態にする。

第84図に、露光ユニット102の正面断面図と側面断面図を示す。この図において、ウエハ3はウエハチャック1807に真空吸着されており、ウ

ーしたウエハ回収6813のシーケンスを説明する。まず、イジエクターハンド2512が、オリフラ検知チャック2521に吸着保持されている回収ウエハ裏面側に来るよう、イジエクターハンド2517をホーム位置から移動させる（ステップ8301）。次に、イジエクター \times ステージ2520を移動させて、ウエハ裏面にイジエクターハンド2512を接触させ（ステップ8302）、イジエクターハンド2512の真空吸着を開始する（ステップ8303）。回収ウエハがイジエクターハンド2512に吸着されると、ステップ8304の判定をYesで抜けるので、オリフラ検知チャックの方の吸着を終了させる（ステップ8305）。そして、イジエクターハンド2520を移動させて、回収ウエハを吸着したイジエクターハンド2512をオリフラ検知チャック面から離さける（ステップ8306）。次に、イジエクターハンド2517を移動させて、イジエクターハンド2512をホーム位置（第69図ステップ6902実行前の位置）に戻す（ステップ8307）。そして、イジエクター \times 駆動部

エハチャック1807は X 駆動ステージ1710上に取り付けられ、 Y 駆動ガイドバー1711上を走り、 X 駆動ガイドバー1711は Y 駆動ステージ1705に固定されている。 Y 駆動ステージ1705は Y 駆動ガイドバー1706上を走り、 Y 駆動ガイドバー1711はメインフレーム1701に固定されている。マスク2はメインフレーム1701に剛に固定されたAAフレーム2604に取付けられている。

メインフレーム1701はメインチヤンバー3101と3点で結合されていて、上部の1点は剛に締結されており、上部の他の1点は Y 方向のみを拘束する吸収機構8415、下部の1点は Z 方向のみを拘束する吸収機構8416で支持されている。吸収機構8415と吸収機構8416は、メインチヤンバー3101の真空排気による変形の影響や機械材質の違いによる熱変形の影響がメインフレーム1701へ及ばないように取付けられている。更に、メインチヤンバー3101は除振ベース8406と3点で結合されていて、1点の1点は剛に締結されており、上部の他の1点は Y 方向のみを拘束する吸収機構

8413、下部の1点は2方向のみを拘束する板状構造8414で支持されている。板状構造8413と板状構造8414は、床面ベース8405の静的変形の影響や構成材質の違いによる熱変形の影響がメインチャンバー3101に及ばないように取付けられている。

露光ユニット102は鏡面パターンの形成されたマスク2と感光体の塗布されたウエハ3を対向させ、X線1によりマスク2の鏡面パターンをウエハ3に焼付ける装置であり、マスク2とウエハ3の相対位置すれば焼付け性能低下を引き起こす。メインフレーム1701に取付けられているメカ部品(以下、露光装置本体と呼ぶ)の1次固有振動数は100Hz程度なので、高い周波数成分を含む振動が入ってくると共振を起こし、マスク2とウエハ3の相対位置ずれの原因となるので、床面ベース8405を除振しなければならない。露光装置本体は床に固定された除振台8401上に配置された3つのエアサスペンション8402、8403、8404に要摺された状態で除振されている。3つのエアサスペン

8411を設けて、除振台8401に対する床面ベース8405の相対変位を測定して、その信号を元に3つのエアサスペンション8402～8404にファイドバックをかけて、エアサスペンション8402～8404をアクチュエーターとして6自由度を行なう。

第85図は第84図にて高層の姿勢制御機構を制御する電気ブロック図である。

ドライバ8501～3は、エアサスペンション8402～4をアクチュエートする不回示の電磁弁を、開閉制御する電気ブロックである。これらのドライバ8501～3はCPU8510よりD/A変換器8507を通して与えられるアナログ信号にもとづいて動作する。変位センサ8406、8408、8410は、例えば静電容量センサ、または高電流センサであり、これらの変位センサー8406、8408、8410からの信号を、センサアンプ8504～6は調整データに比例したDC電圧信号に変換する。A/D変換器8508は、上記DC電圧信号をデジタル化して、バス8509内に取り込む機能を持つ。CPU8510は、A/D変換器8508により取り込まれた

シヨン8402～8404には3系統のエアーアクセス2412が接続されている。

マスク2とウエハ3は10μm～50μmのプロキシティーギヤップのある状態で焼付けが行われるので、X線1の光軸とマスク2あるいはウエハ3の軸だおれ及び位置すれば、焼付バターンずれを引き起こし、焼付け性能低下につながる。よって、X線1の光軸に対し常にマスク2、ウエハ3面の位置と角度を維持できるようにしなければならない。露光装置本体は、エアサスペンションに比べオーダー高いに固有振動数が高いので、床面ベース8405をX、Y、Z、ωx、ωy、ωzにアクチュエートすることで、マスク2とウエハ3は一体で動かすことができる。またX線1は床に対し斜視できる変動しかなく、床と除振台8401の相対変動はない。

この時、除振台8401の上に配置された3つのエアサスペンション8402～8404に3つの変位センサー8406、8408、8410を取り付け、床面ベース8405のそのターゲット8407、8409、

信号に基いて、ドライバ8501～3側に制御信号を与える、いわゆるソフトサポート機構を構成している。さらに同CPU8510は通信I/F3903bを介して、上位の本体コントロールユニット3902と指示座標や現在位置座標のやりとりができるようになっている。

(発明の効果)

上述したように、本発明によれば、SOR光源を用いて、例えば64メガビット以上のDRAMの製造工程で使用可能な半導体制造用露光装置の提供が可能になる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施例を示す全図。

第2図はX線プロキシミティーエネルギー露光の概念図。

第3図は各種の露光方式を示す図。

第4図は従来のX線露光装置の一例を示す図。

第5図は従来のSOR-X線露光装置の一例を示す図。

第6図はシンクロトロン放射光の概念図。

第7図は無機基板材料及び有機基板材料をそれぞ

れ用いたマスクの構成図、

第8図は一括露光方式におけるマスクの露量の概念図、

第9図はスキャン露光方式におけるマスクの露量の概念図、

第10図は本発明の露光装置の概念図、

第11図は本発明の露光装置における露光野域でのX線強度プロファイルを示す図、

第12図は空気及びヘリウムの熱伝導率と気圧との関係を示す図、

第13図は露光ユニットの構成を示す図、

第14図はX線ミラー部の構成を示す図、

第15図は露光シャッター装置の構成を示す図、

第16図は露光シャッター装置の配置を示す図、

第17図はステージ装置の構成を示す図、

第18図はウェハ搬送ステージの構成を示す図、

第19図はマスクDステージの構成を示す図、

第20図はレーザ露光光学系の配置を模式的に示す図、

第21図はプリアライメントシステムの光学配置

第40図はファインAA・AF制御部のブロック図、

第41図はプリAA・AF制御部のブロック図、

第42図はピックアップステージ制御部のブロック図、

第43図はシャッタ制御部のブロック図、

第44図はパルスジェネレータ回路のブロック図、

第45図はステージ制御部のブロック図、

第46図は搬送制御部のブロック図、

第47図はミラー制御部のブロック図、

第48図は環境制御部のブロック図、

第49図は全体制御のフローチャート、

第50図は長期体止立上げのフローチャート、

第51図は長期体止立上げ時のメインチヤンバー給排気系処理のフローチャート、

第52図は長期体止立上げ時のウェハロードチヤンバー給排気系処理のフローチャート、

第53図は長期体止立上げ時の各アクチュエータ初期化のフローチャート、

第54図は長期体止のフローチャート、

第55図は長期体止時のメインチヤンバー給排気

を示す図、

第22図はプリアライメントシステムの見取図、

第23図はピックアップ部の光学部品構成を示す図、

第24図はファインAA部の構成を示す図、

第25図はウェハ搬送系の外観図、

第26図はマスク搬送部の配置を示す図、

第27図はマスク搬送部の構成を示す図、

第28図はマスクカセットローダーの構成を示す図、

第29図はマスクカセットローダーの動作を示す図、

第30図はマスクカセットの構成を示す図、

第31図はチヤンバー構成を示す図、

第32図は給排気系のブロック図、

第33図はウェハロードロック機構を示す図、

第34図はマスクロードロック機構を示す図、

第35図は圧力・純度管理及びミラーポートの給排気系を示す図、

第36図はX線露光装置の全体制御ブロック図、

第37図はコンソールユニットのブロック図、

第38図はメインユニットのブロック図、

第39図は本体制御ユニットのブロック図、

系処理のフローチャート、

第56図は長期体止時のウェハロードチヤンバー給排気系処理のフローチャート、

第57図は長期体止時のマスクチヤンバー給排気系処理のフローチャート、

第58図はウェハ供給キャリヤ取り出しのフローチャート、

第59図はウェハ供給キャリヤ設置のフローチャート、

第60図はマスクカセット取り出しのフローチャート、

第61図はマスクカセット設置のフローチャート、

第62図はX線強度プロファイル計測のフローチャート、

第63図はX線強度プロファイルの計測位置を示す図、

第64図はX線強度プロファイルの算出を説明するための図、

第65図は露光エリア内の各点における露光時間の割合を示す図、

第66図はシャツタ速度制御データの設定を説明するための図、

第67図はシャツタ装置の概略を示す図、

第68図は搬付処理のフローチャート、

第69図はウェハ供給のフローチャート、

第70図はオリフラ検知のフローチャート、

第71図はオリフラ検知由スティージ・回転角に対するステージ中心からウェハニッセンまでの距離の変化を示す図、

第72図はステージ中心座標系でウェハを示す図、

第73図はロード/アンロードのフローチャート、

第74図はブリアライメントのフローチャート、

第75図はブリアライメントマーク位置の監視図、

第76図はマスク回収のフローチャート、

第77図はマスク設置のフローチャート、

第78図はマスクアライメントのフローチャート、

第79図はマスクアライメントマーク位置の監視図、

第80図はステップアンドリピート露光のフローチャート、

1308…露光シャツター装置、

1309…マスクカセットローダー、

1310…マスクカセット、

1311…マスク搬送装置、

1312…計測光学系、

1501…メインシヤツターユニット、

1502…補助シヤツターユニット、

1541…X線風度計、

1551…X線ディテクタ、

1401…X線ミラー、

1701…メインフレーム、

1899…ウェハ運動ステージ、

1999…マスク由ステージ、

2604…AAフレーム、

3101…メインチャンバー、

3102…マスクゲートバルブ、

3103…マスクチャンバー、

3104…シヤツターチャンバー、

3107…ウェハイジエクターチャンバー、

3108…ウェハロードゲートバルブ、

第81図はウェハAFの概略図、

第82図はウェハAAの概略図、

第83図はウェハ回収のフローチャート、

第84図は露光ユニットの正面断面図と側面断面図、

第86図は露光系鋼物部のプロツク図、である。

101…ミラーユニット、

102…露光ユニット、

103…電気制御ユニット、

104…露光制御ユニット、

105…排気ユニット、

106…給気制御ユニット、

1301…ステージ装置、

1302…ファインアライメントシステム、

1303…ウェハダダ回収エレベーター

1304…イジエクター、

1305…オリフラ検知ステージ、

1306…ウェハトラバーサー、

1307…ブリアライメントシステム、

3109…ウェハロードチャンバー

3110…ウェハアンロードゲートバルブ、

3111…ウェハアンロードチャンバー

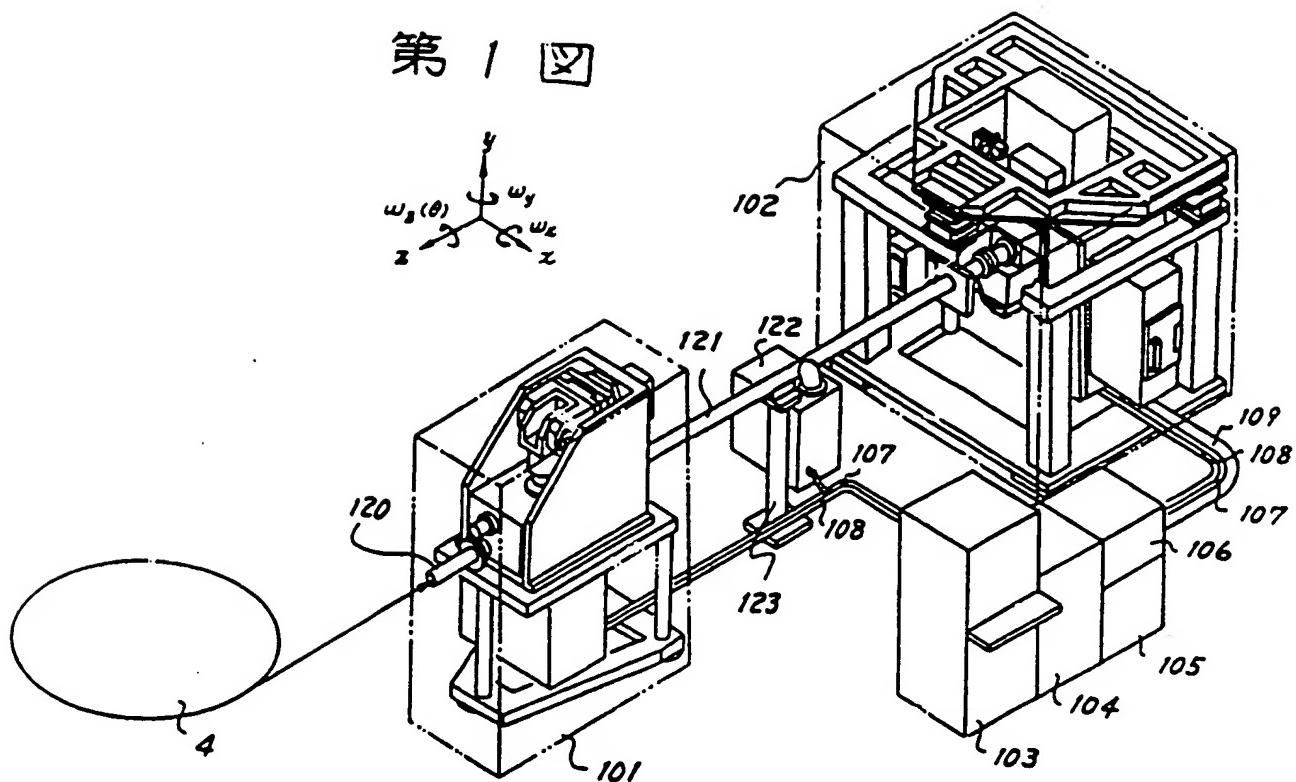
3512…Be窓

出願人 キヤノン株式会社

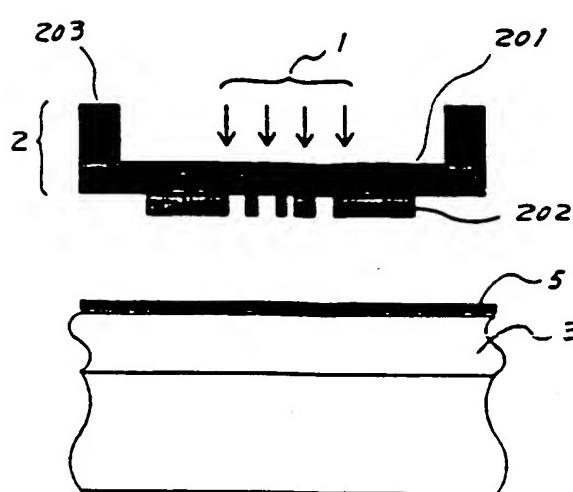
代理人 丸島一



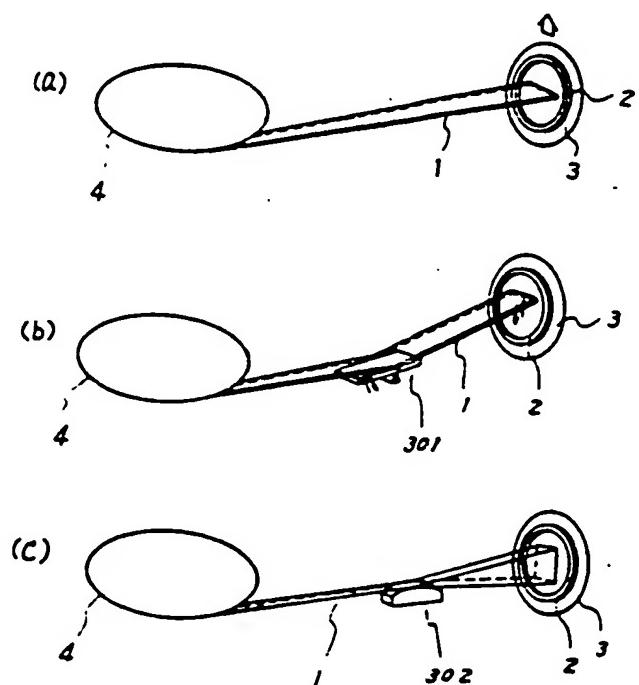
第1図



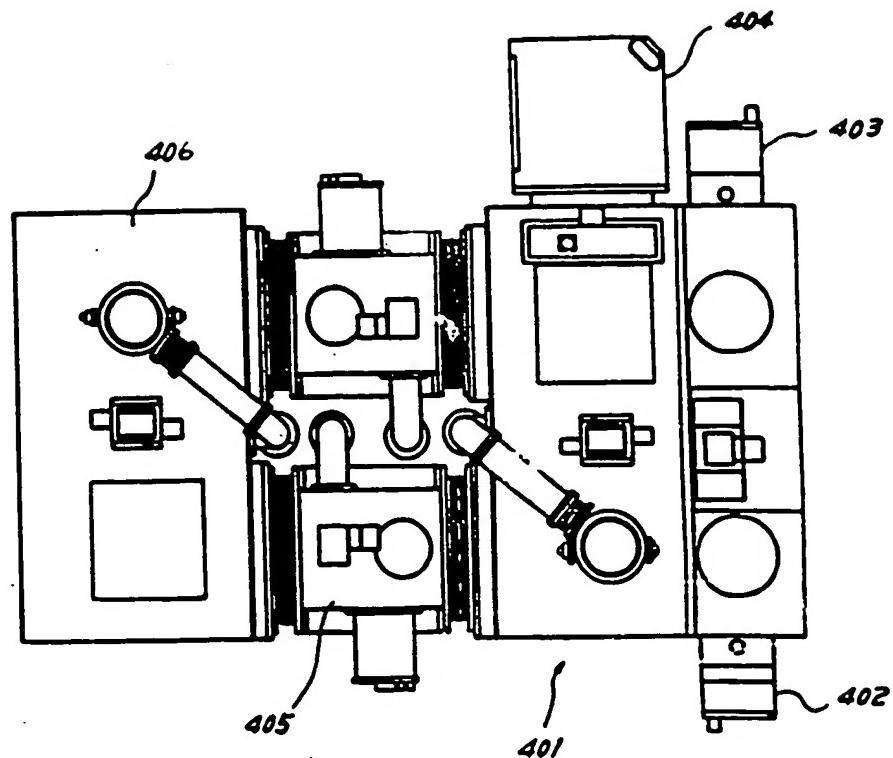
第2図



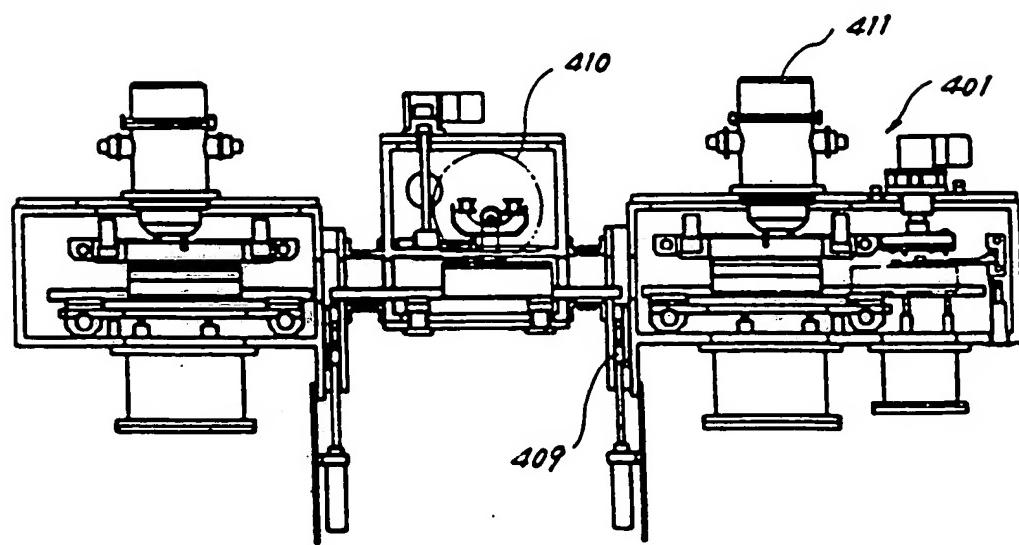
第3図



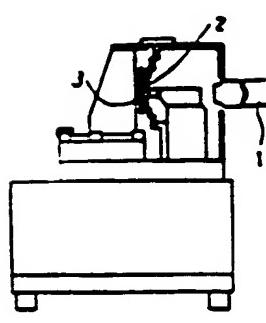
第4図(a)



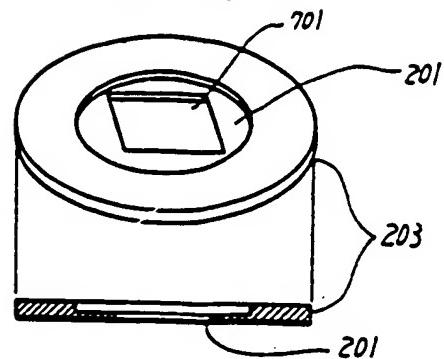
第4図(b)



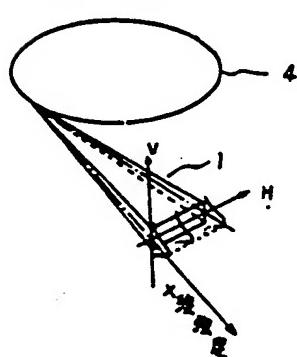
第5図



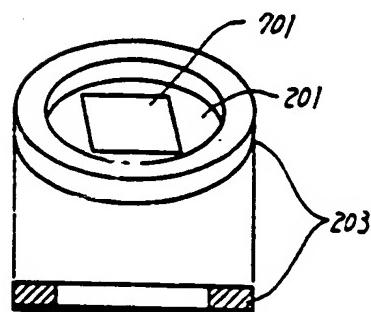
第7図(a)



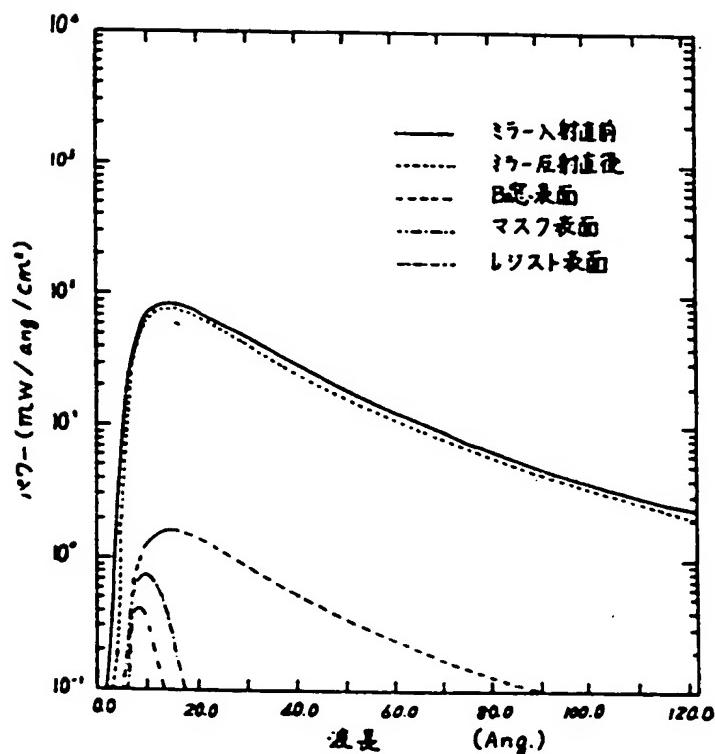
第6図(a)



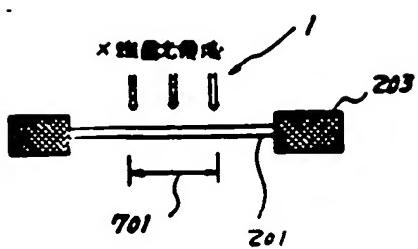
第7図(b)



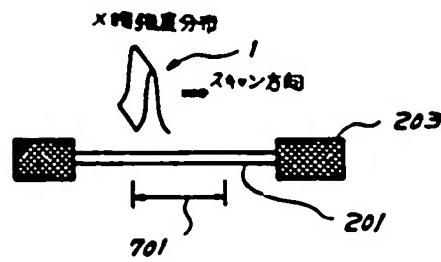
第6図(b)



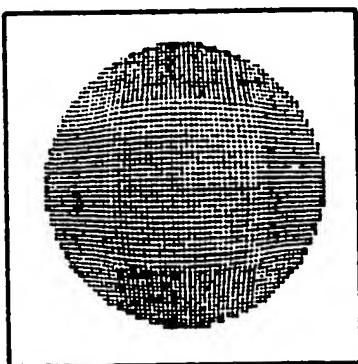
第8図(a)



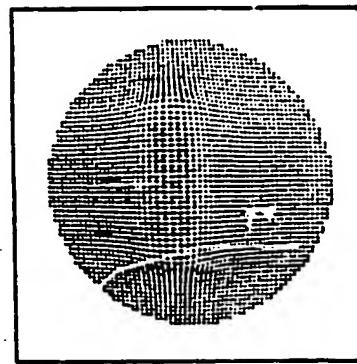
第9図(a)



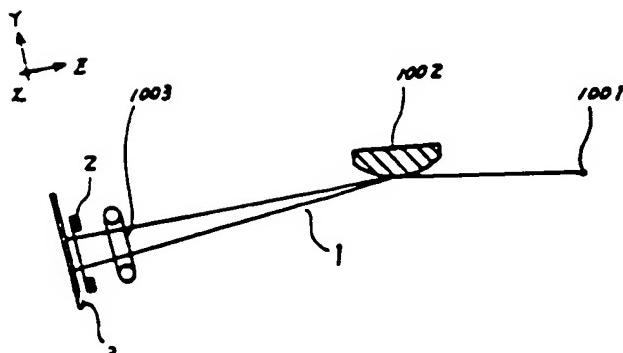
第8図(b)



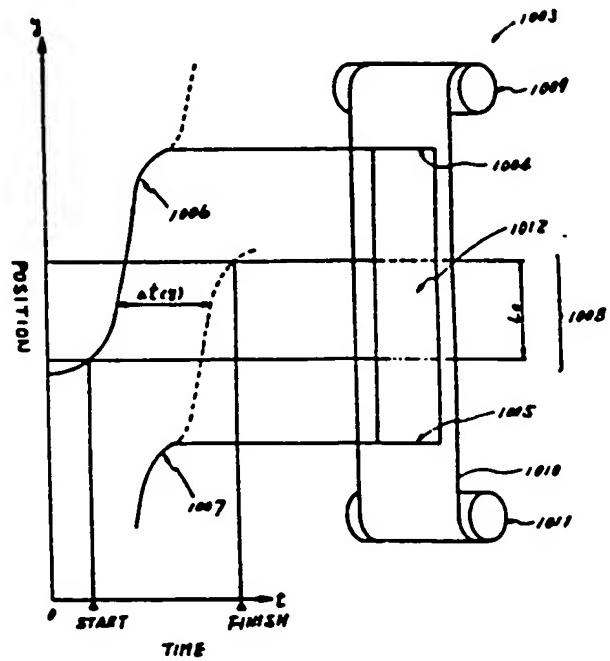
第9図(b)



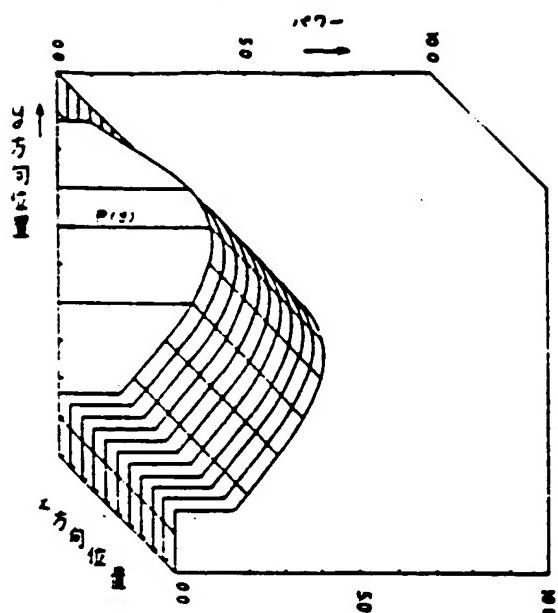
第10図(a)



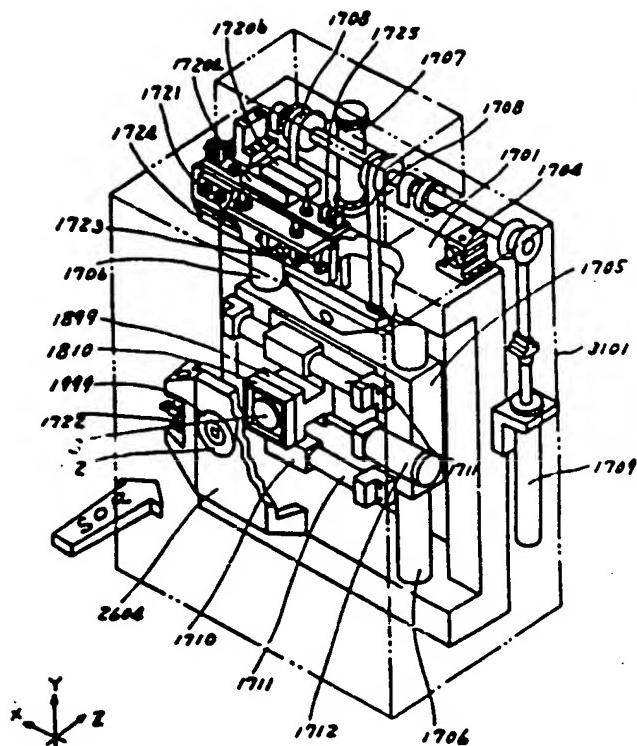
第10図(b)



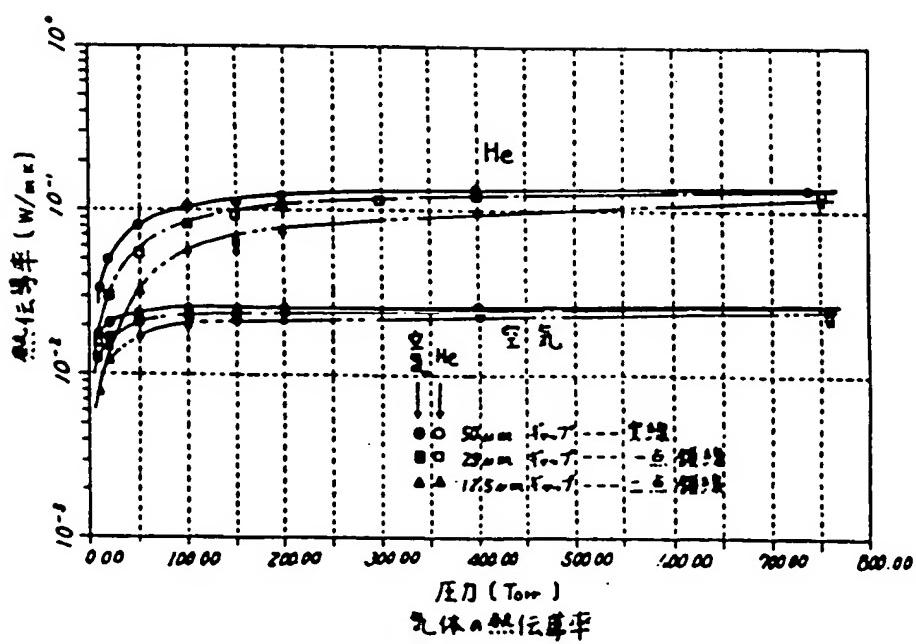
第11図



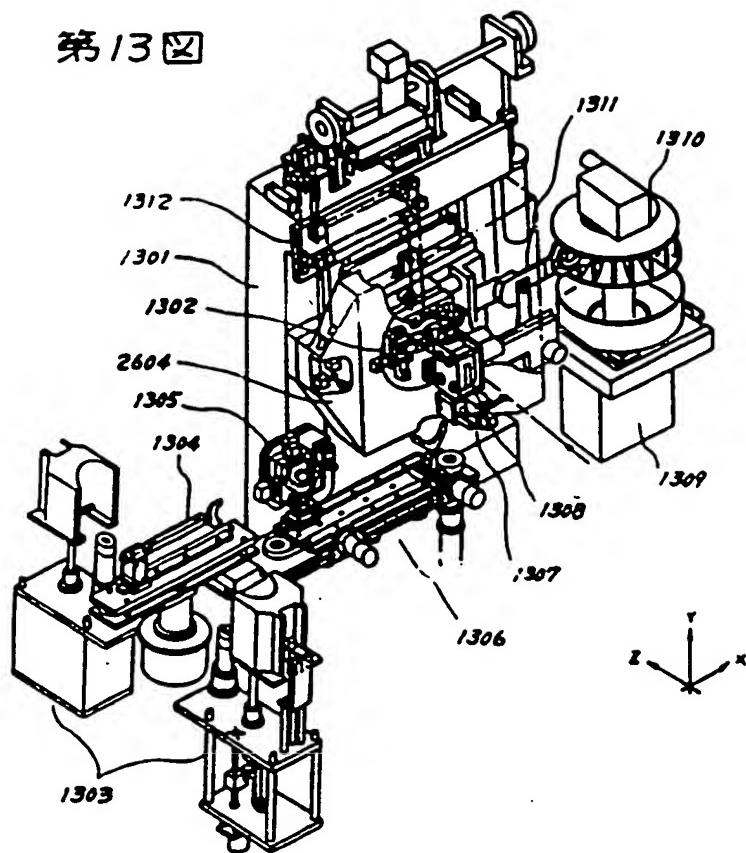
第17図



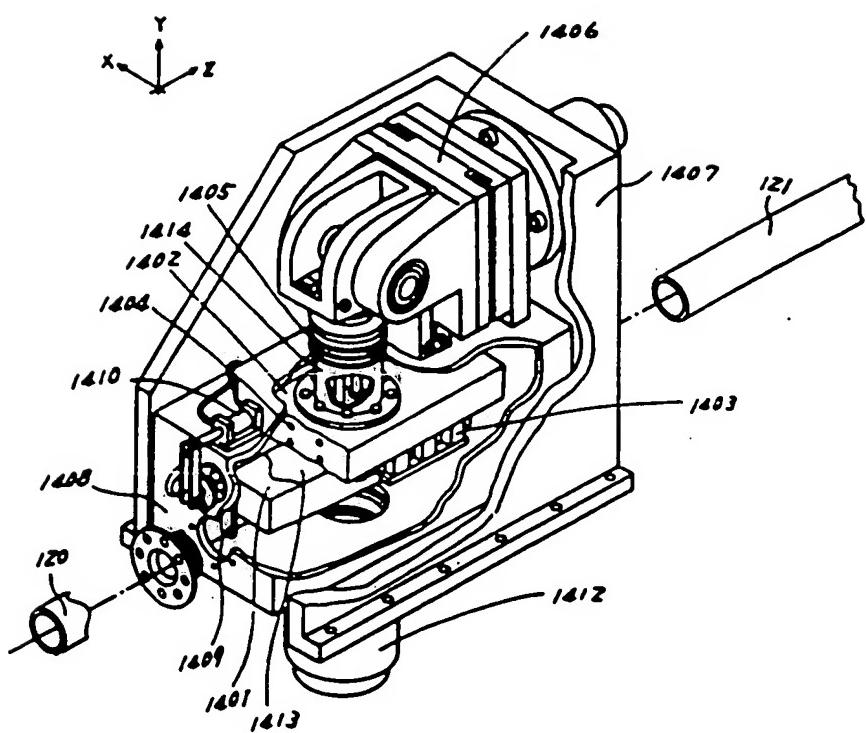
第12図



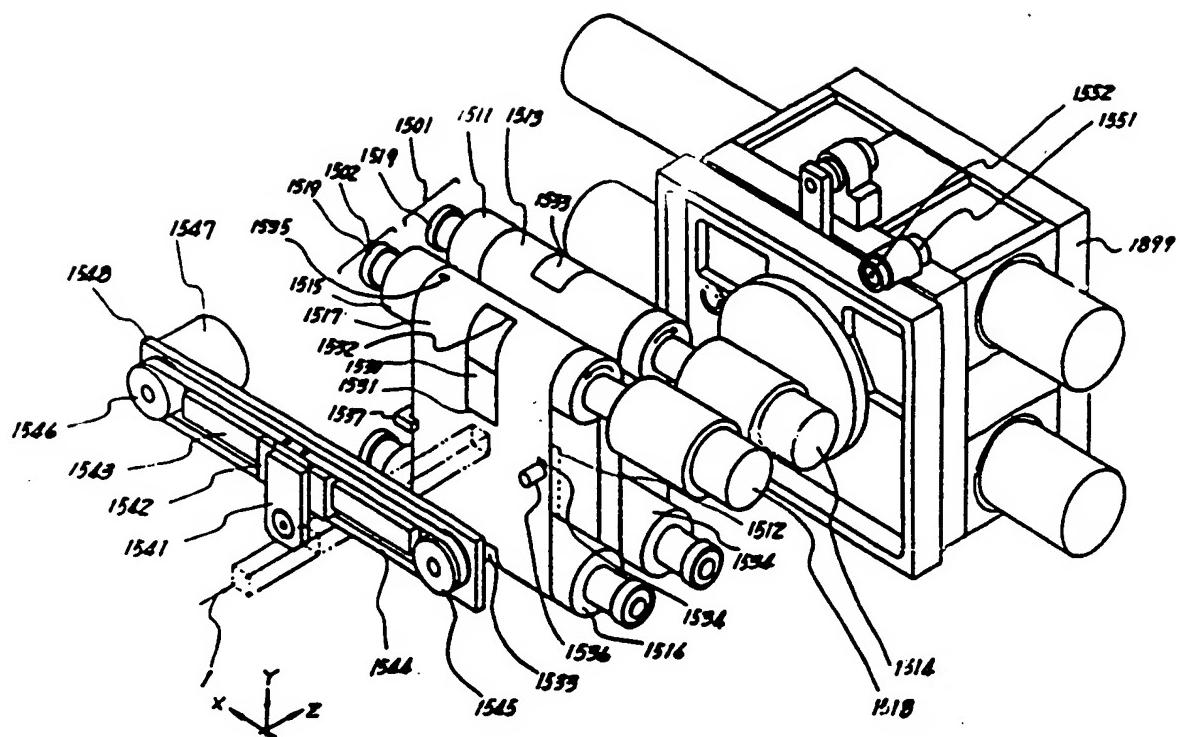
第13図



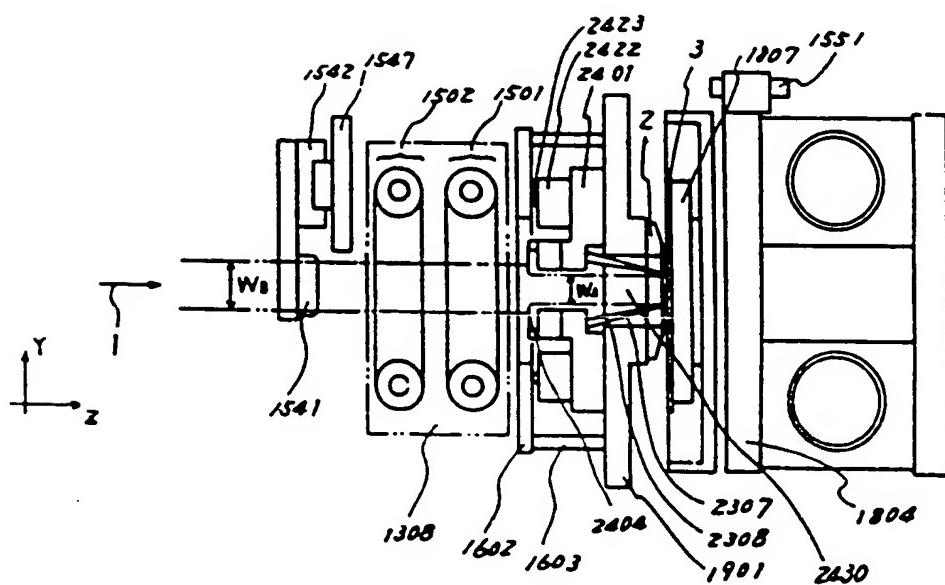
第14図



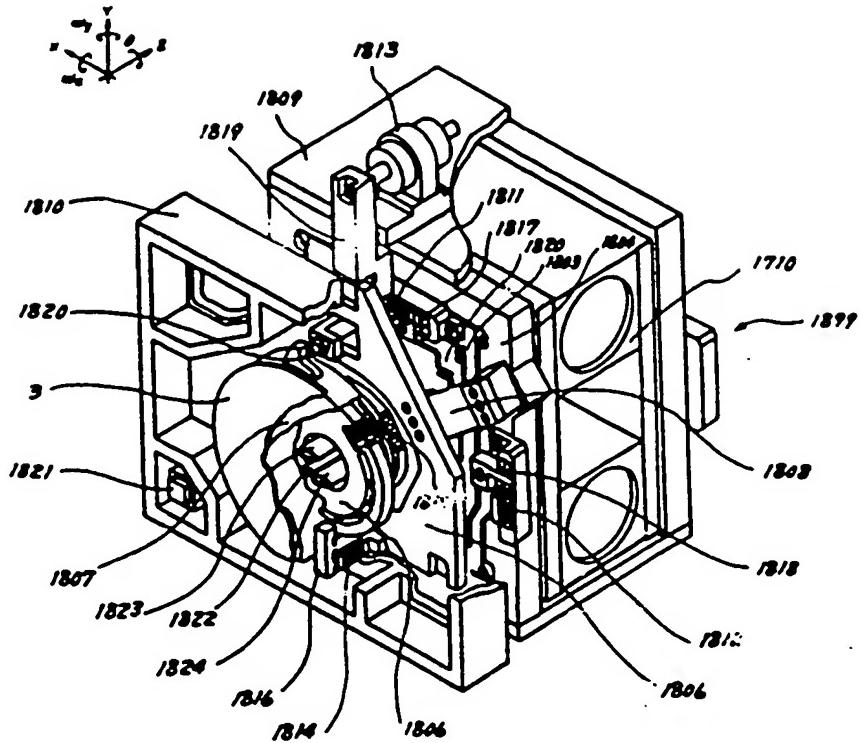
第 15 史



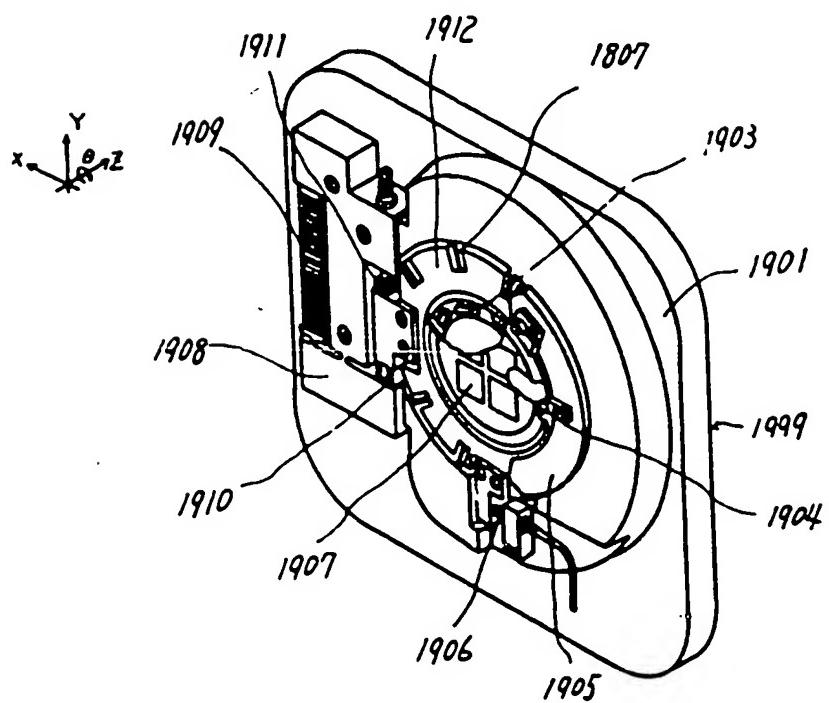
第 16 図



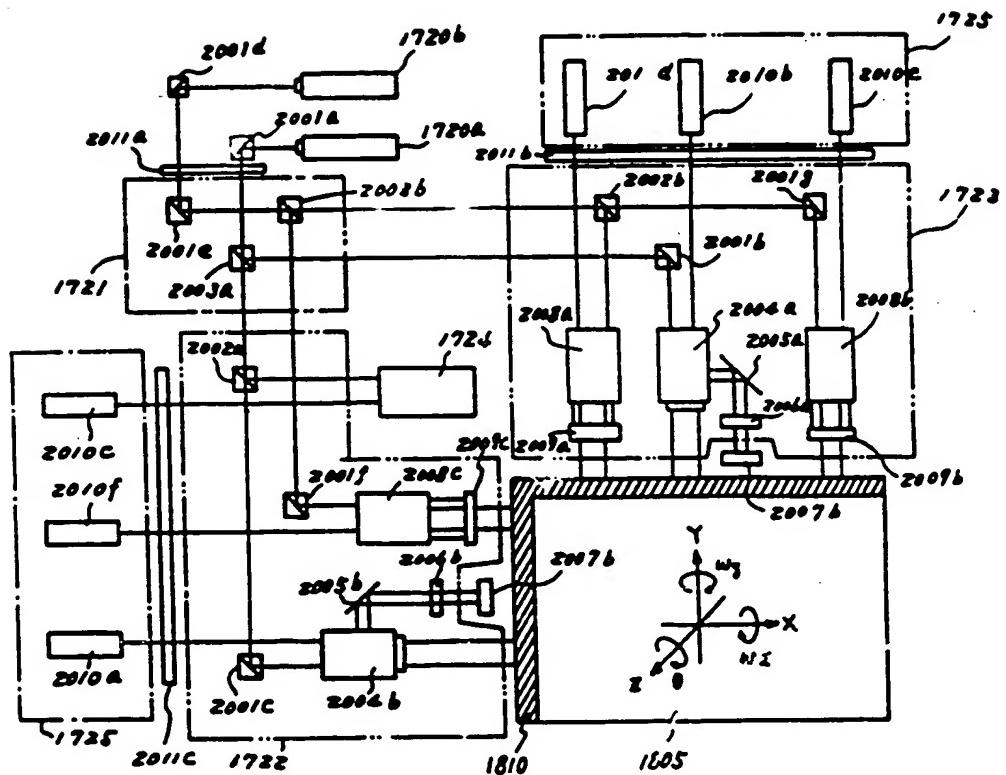
第 18 図



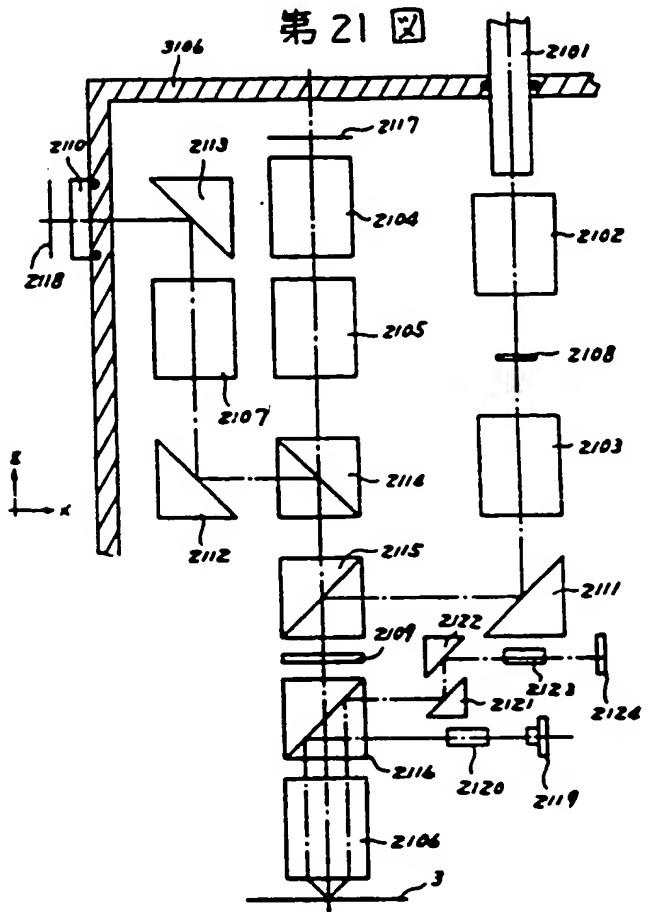
第 19 図



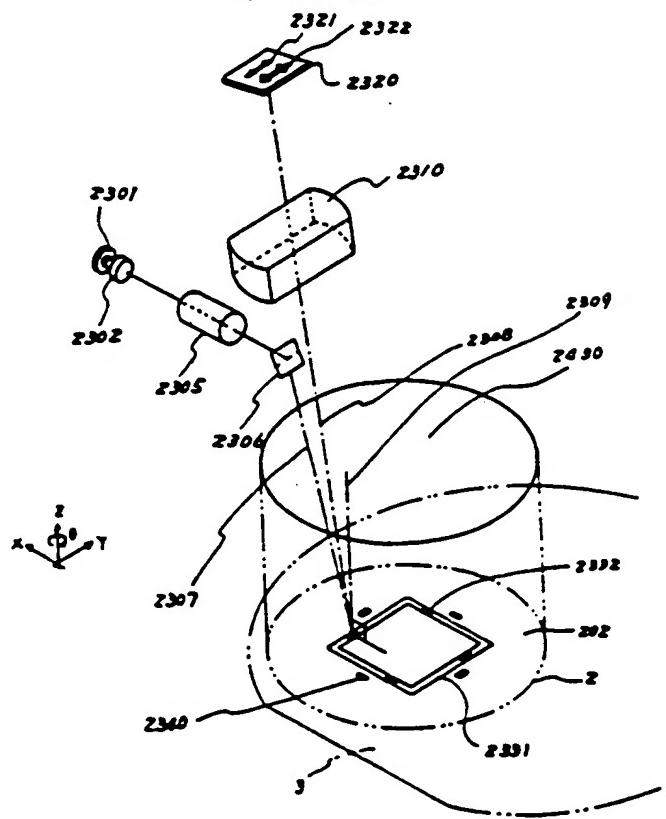
第 20 図



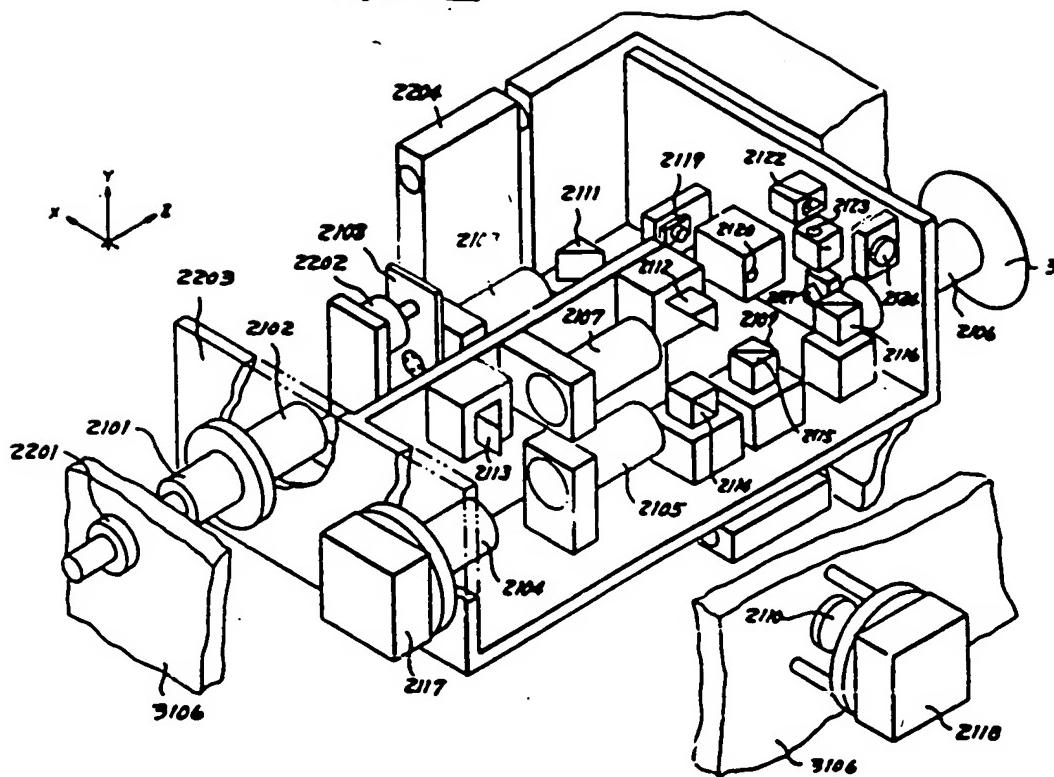
第21回



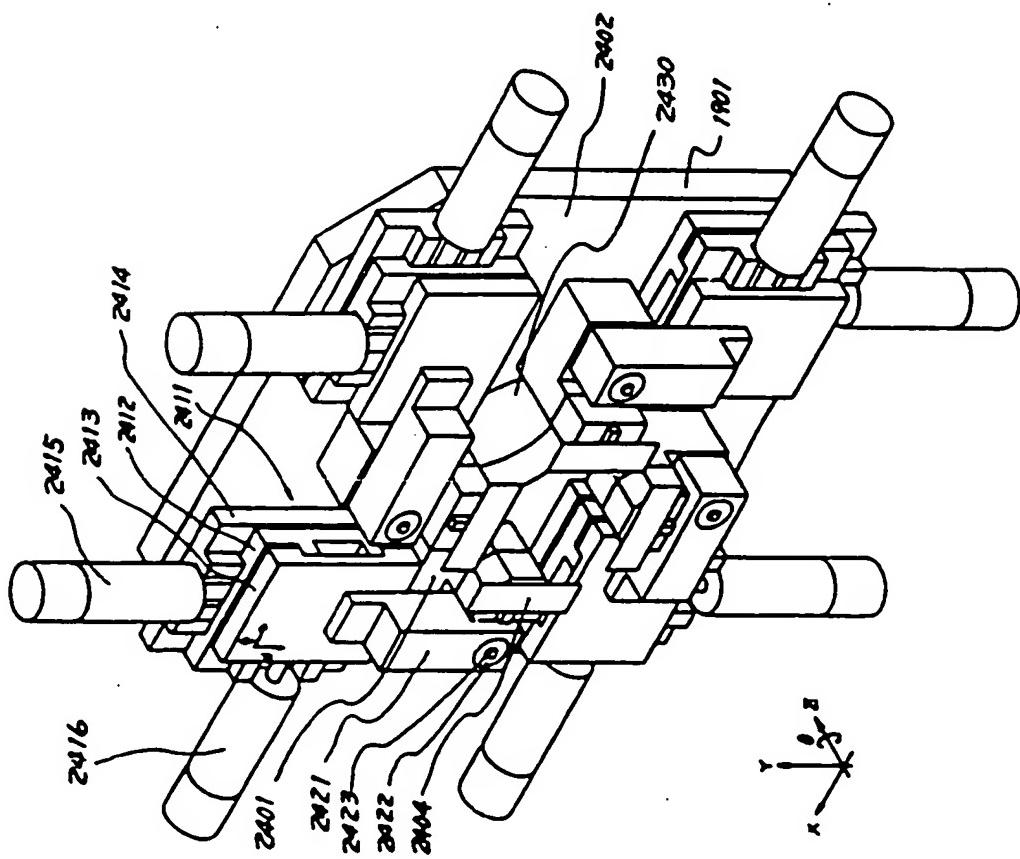
第 23 図



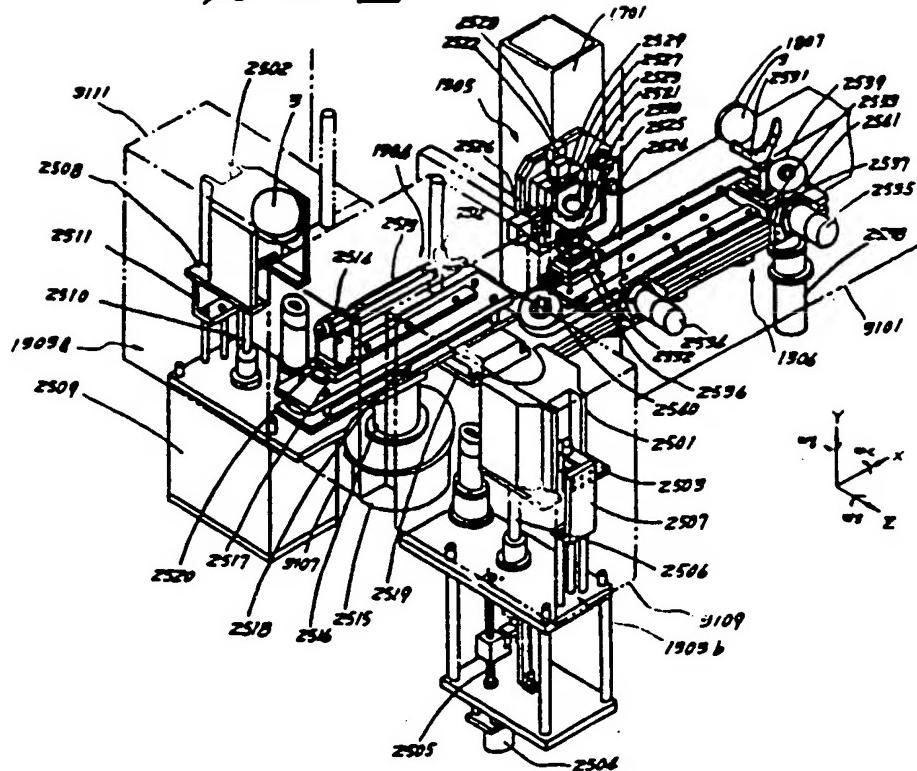
第22図



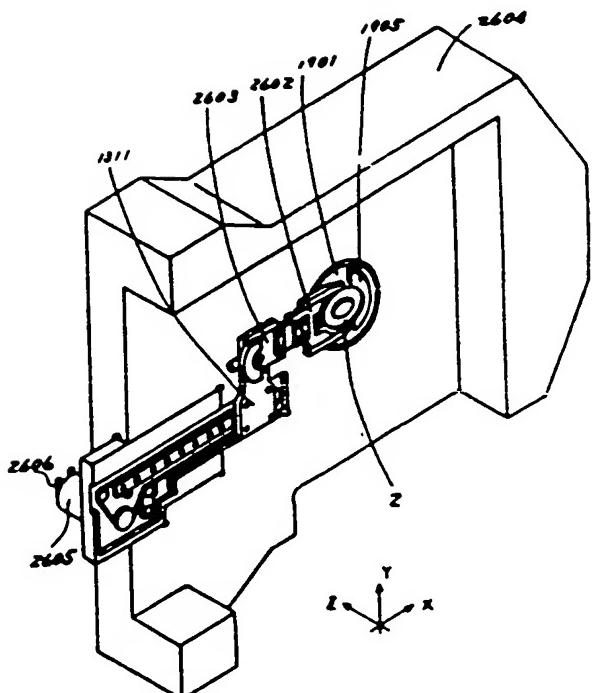
第24図



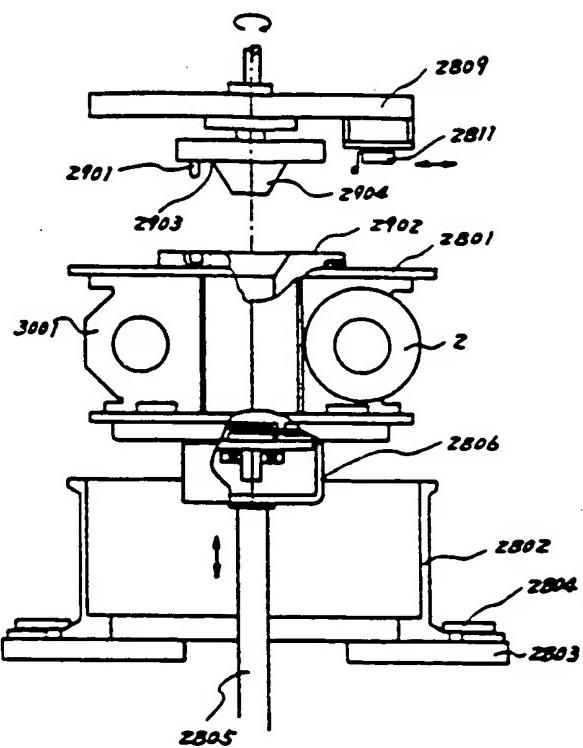
第 25 四



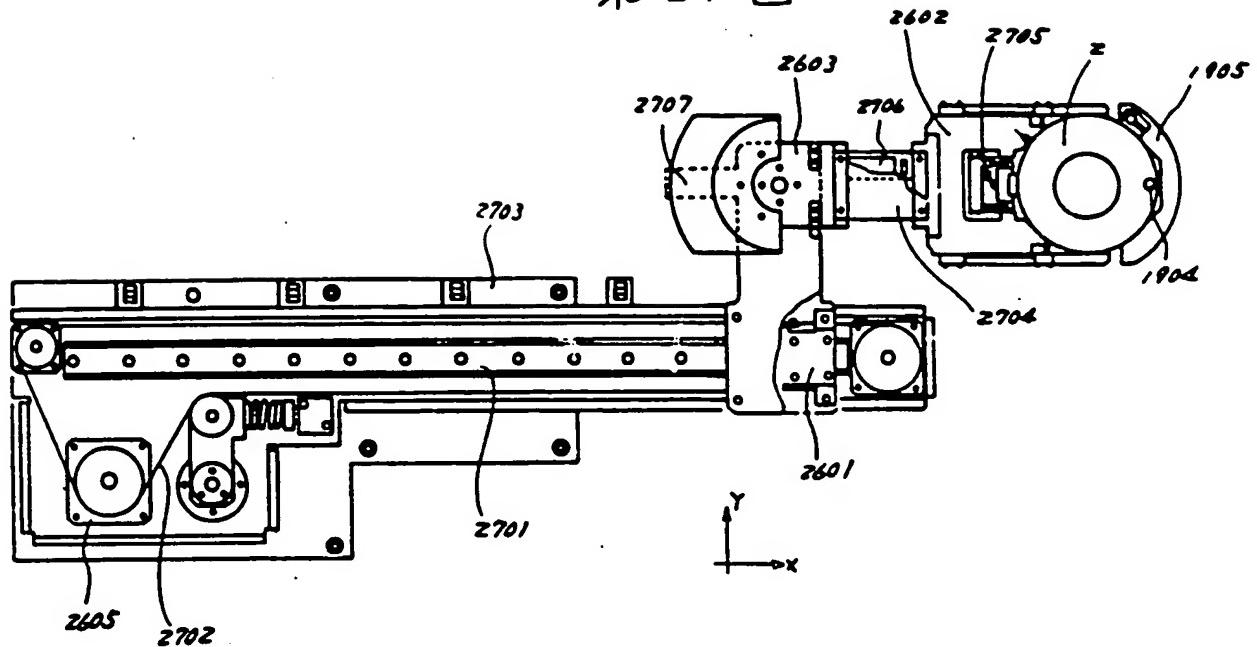
第 26 回



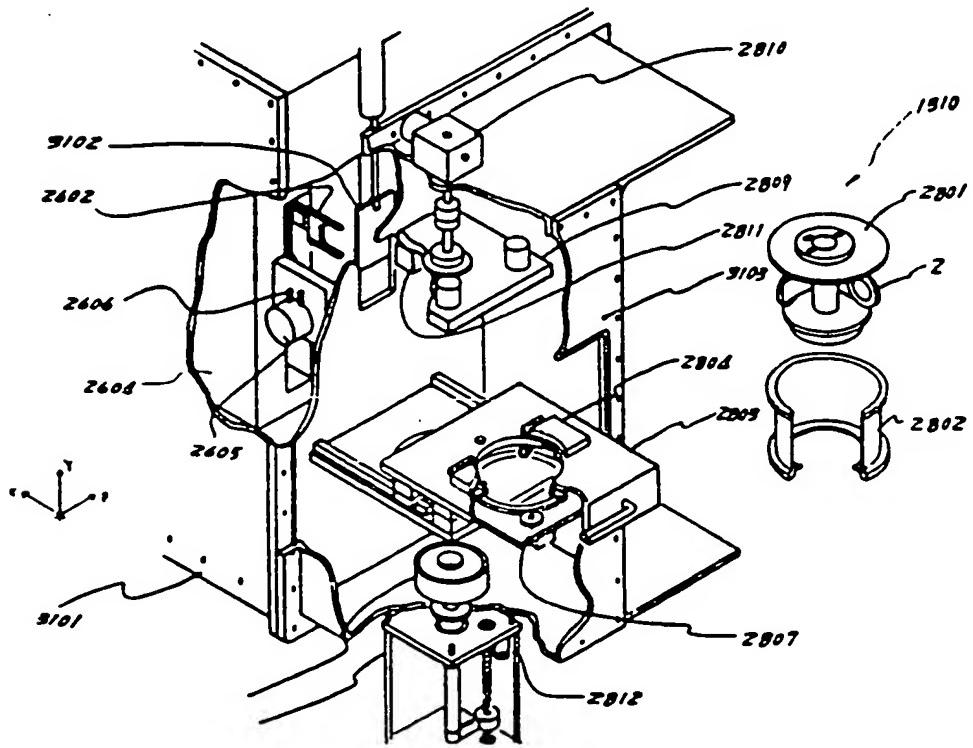
第29



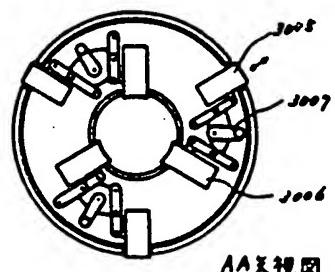
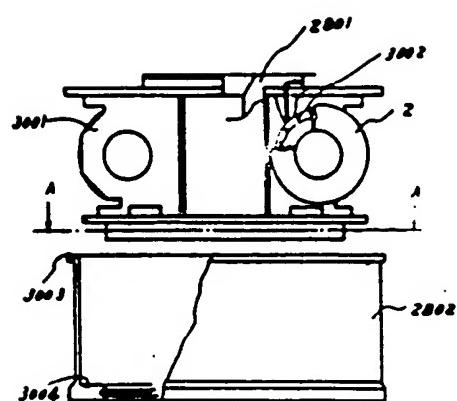
第 27 図



第 28 四

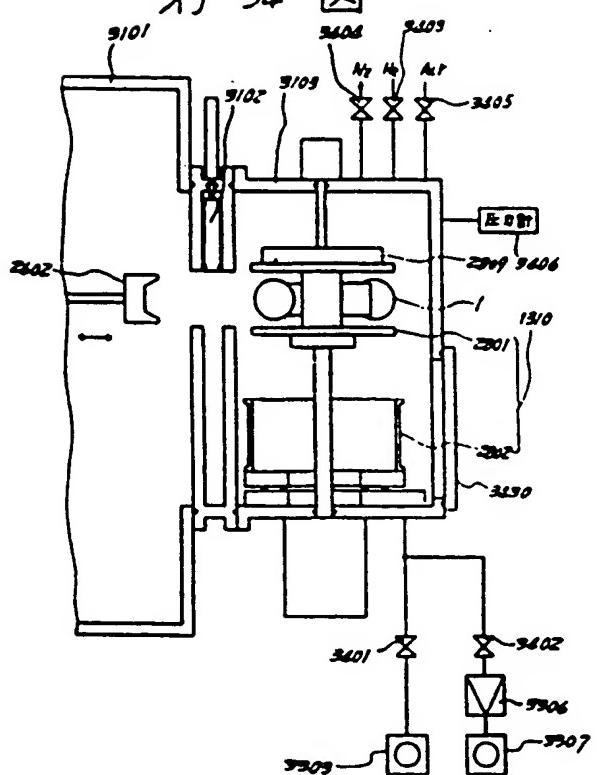


第30図

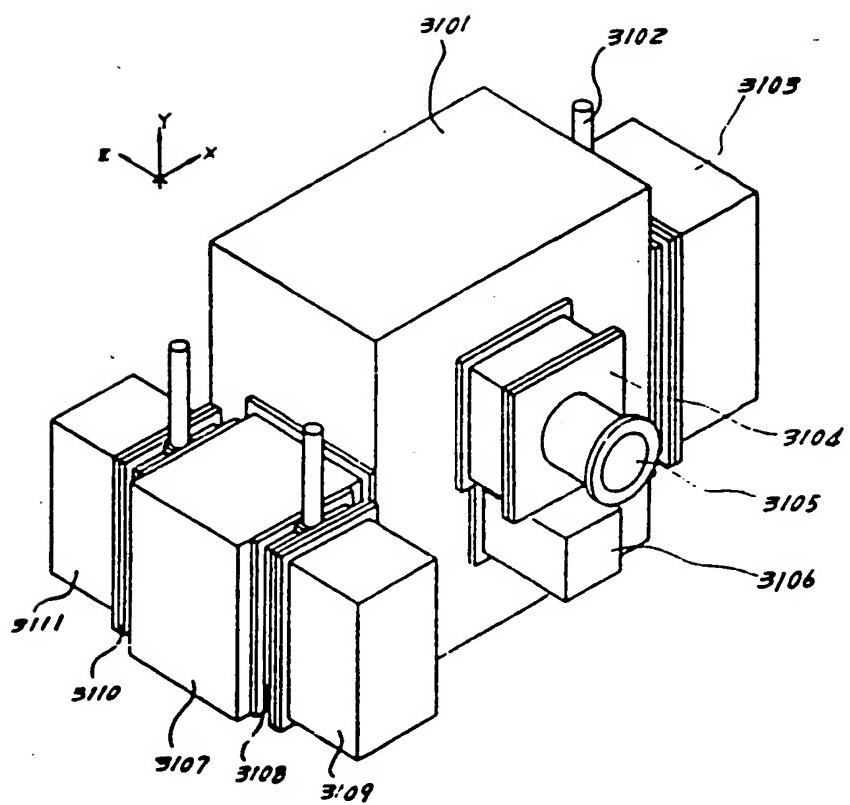


AAX視図

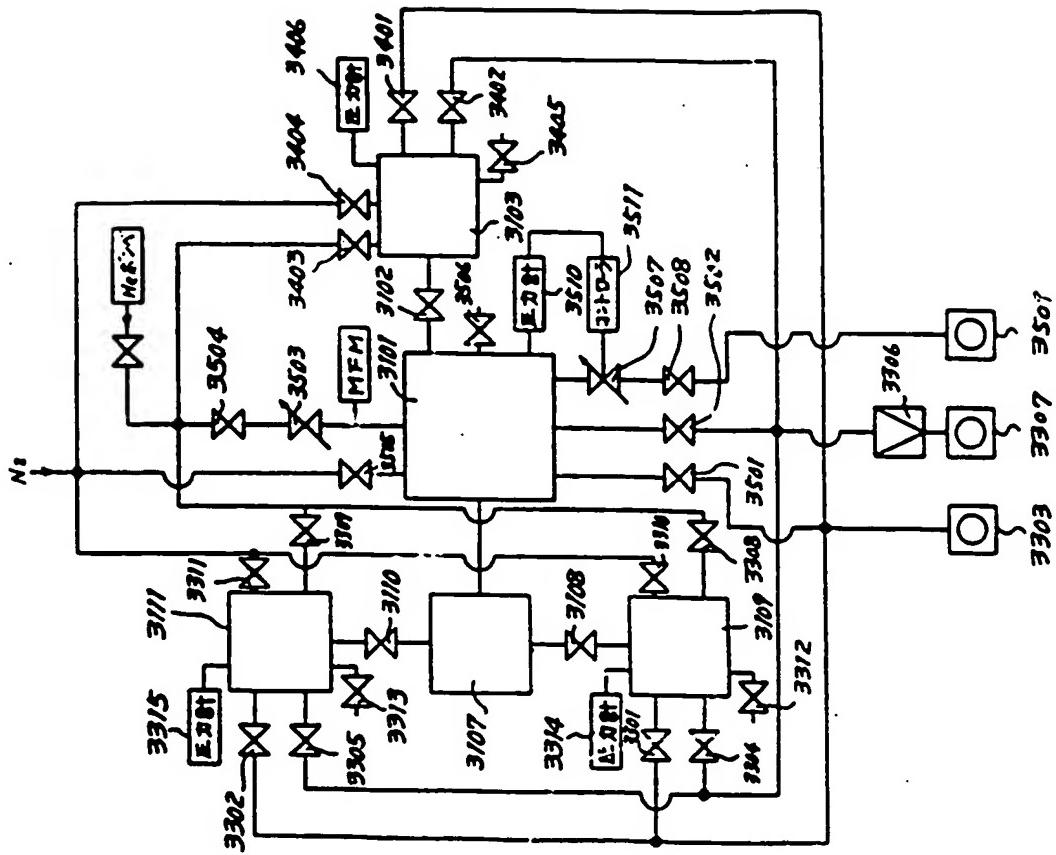
第34図



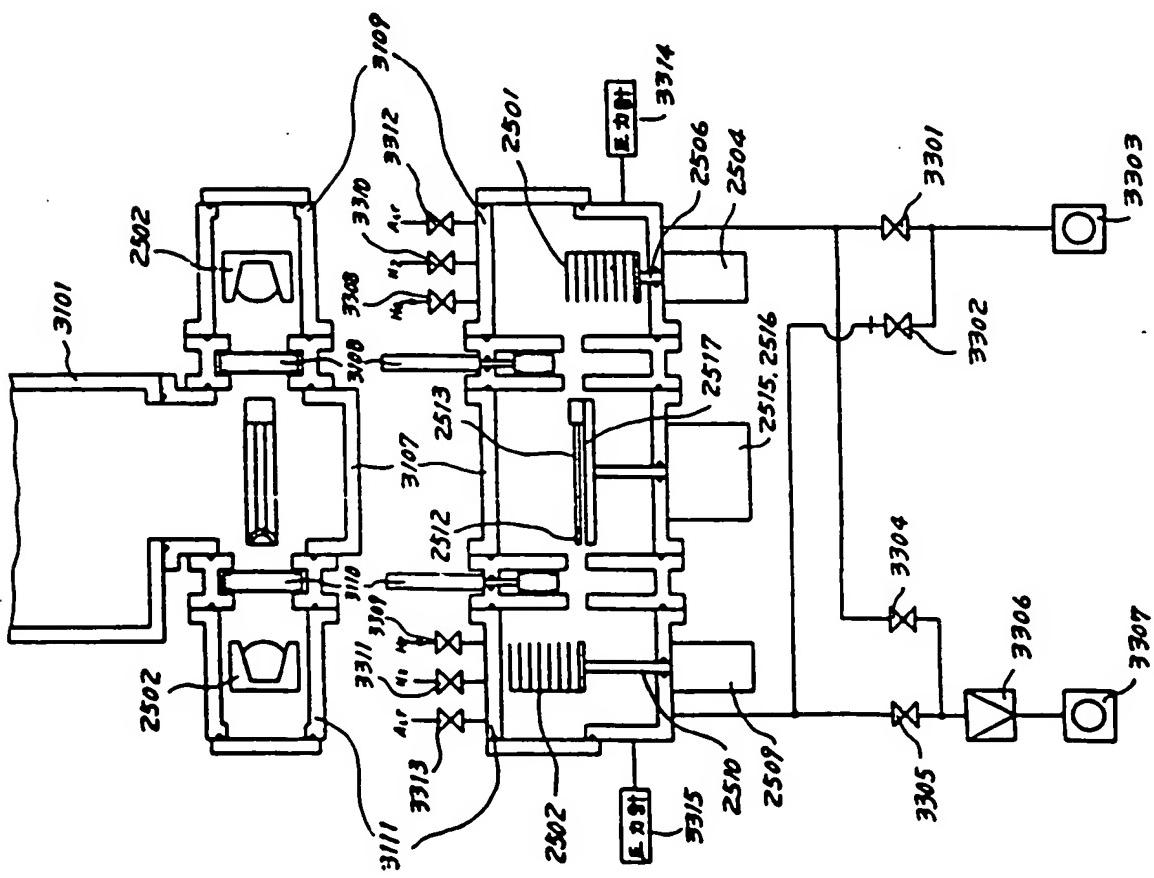
第31図



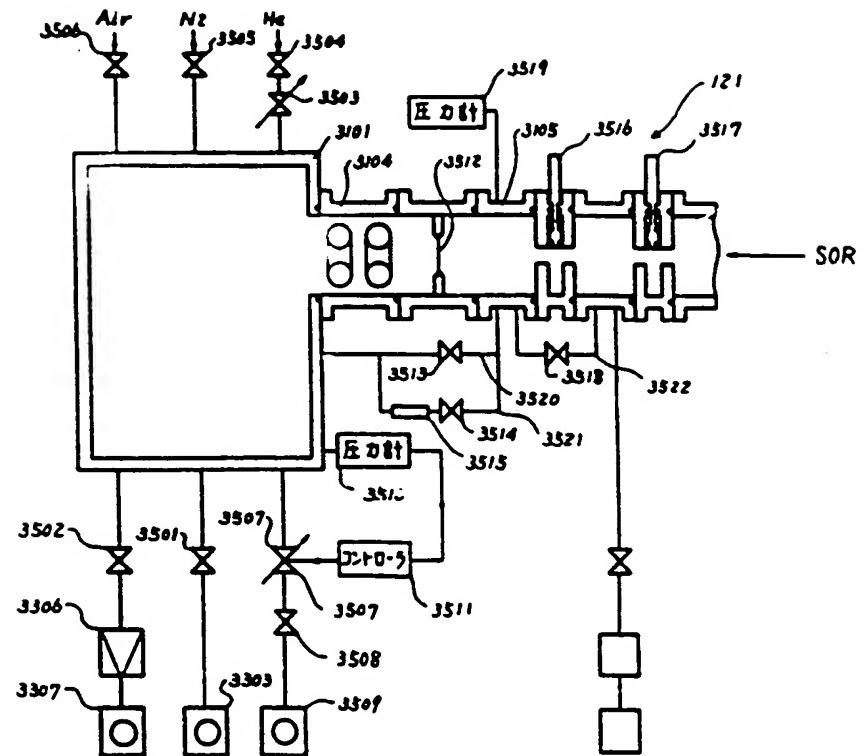
第32回



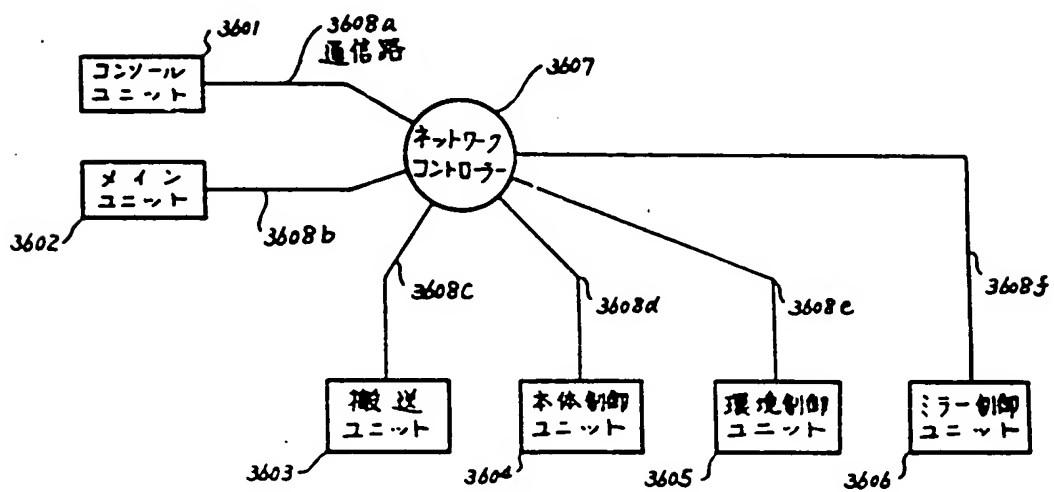
第33回



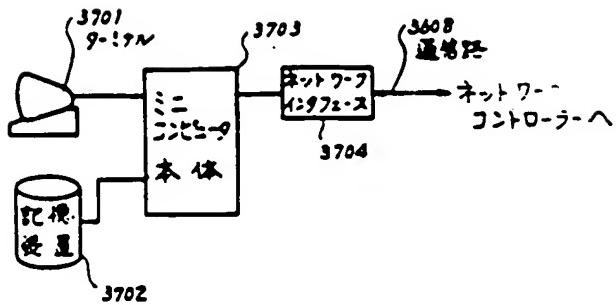
第35回



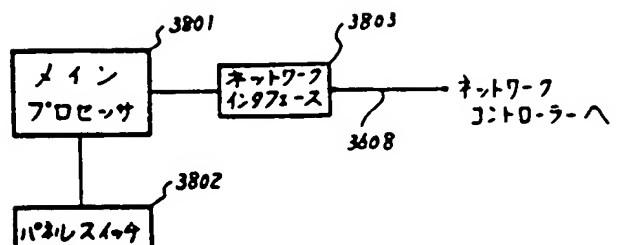
第 36 ヲ



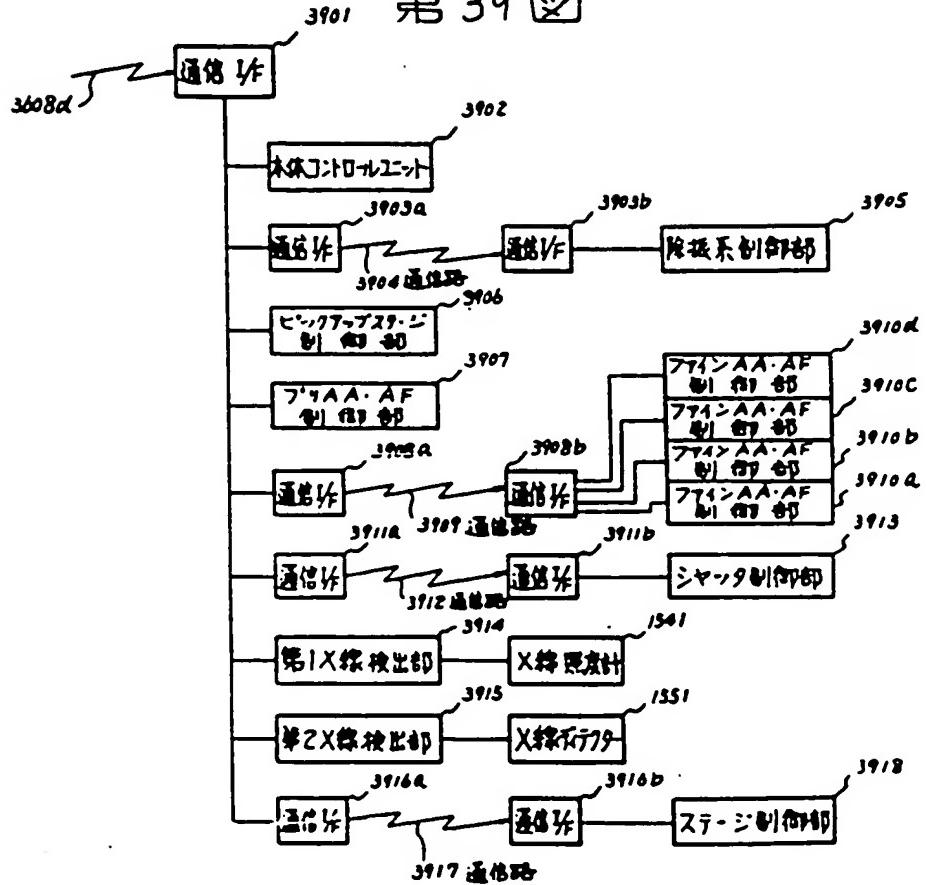
第37回



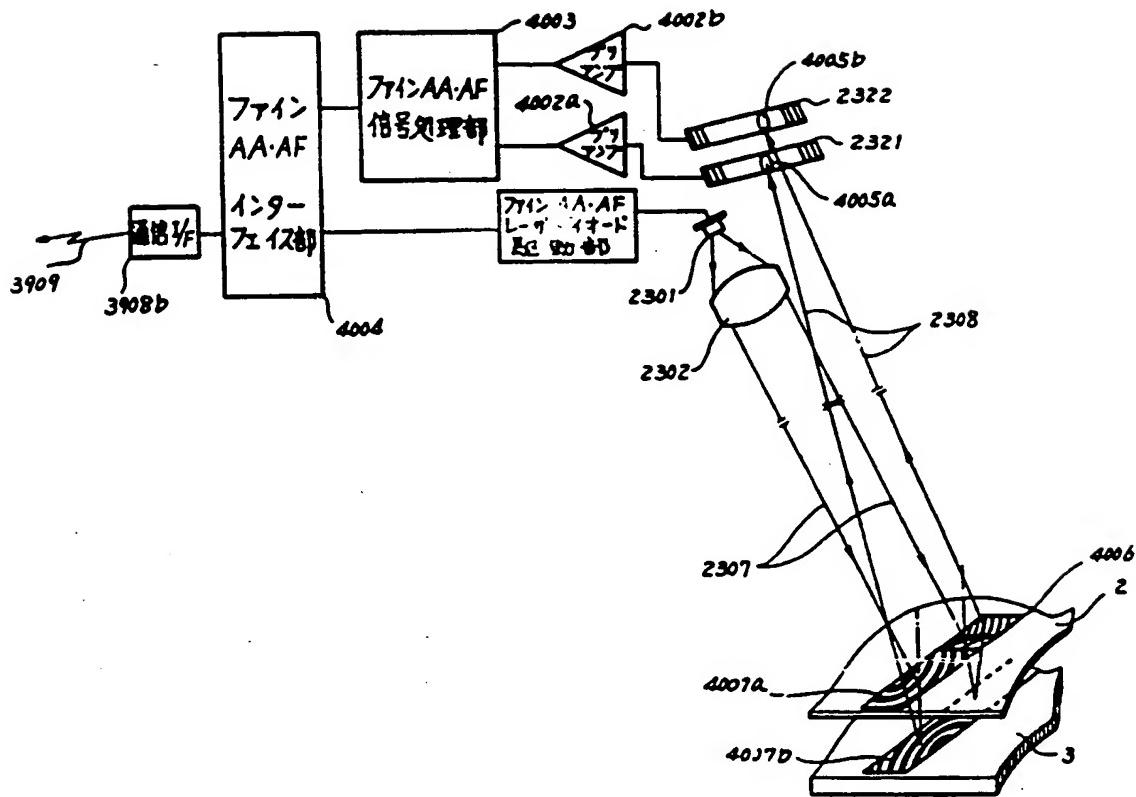
第 38 四



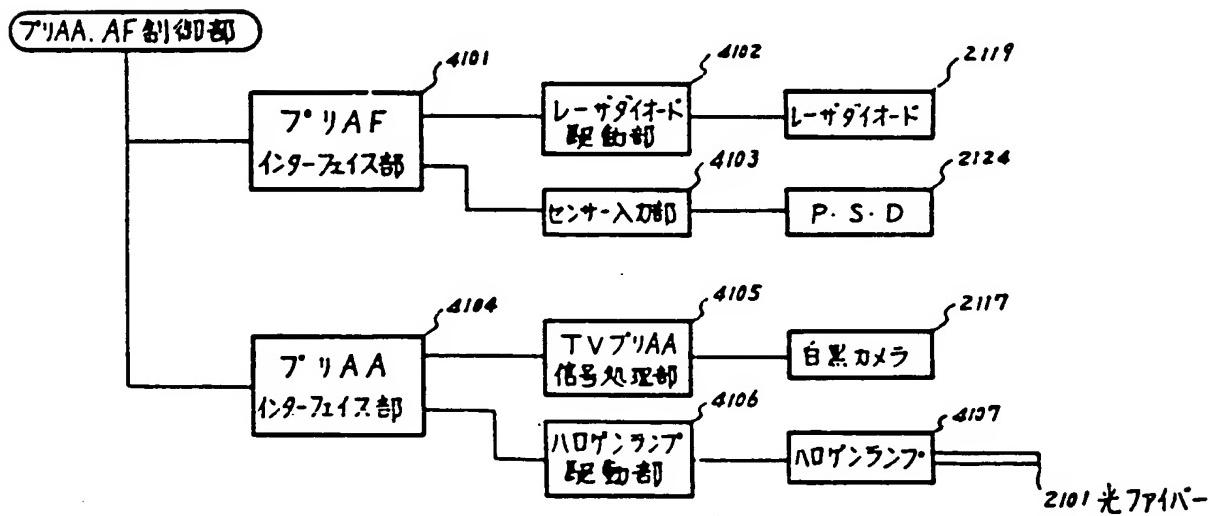
第39回



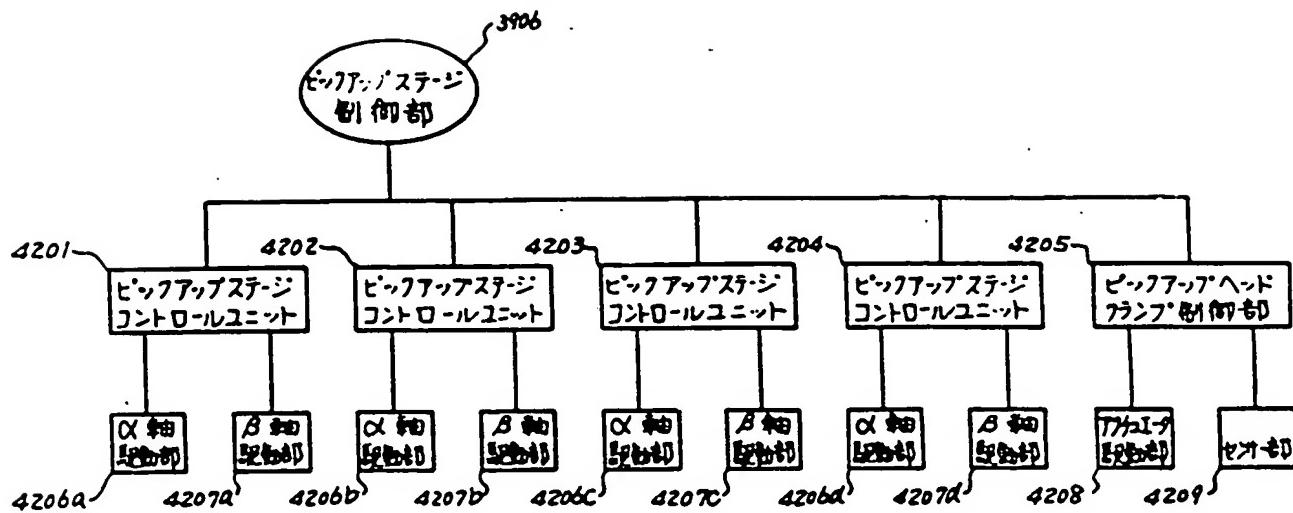
第40 図



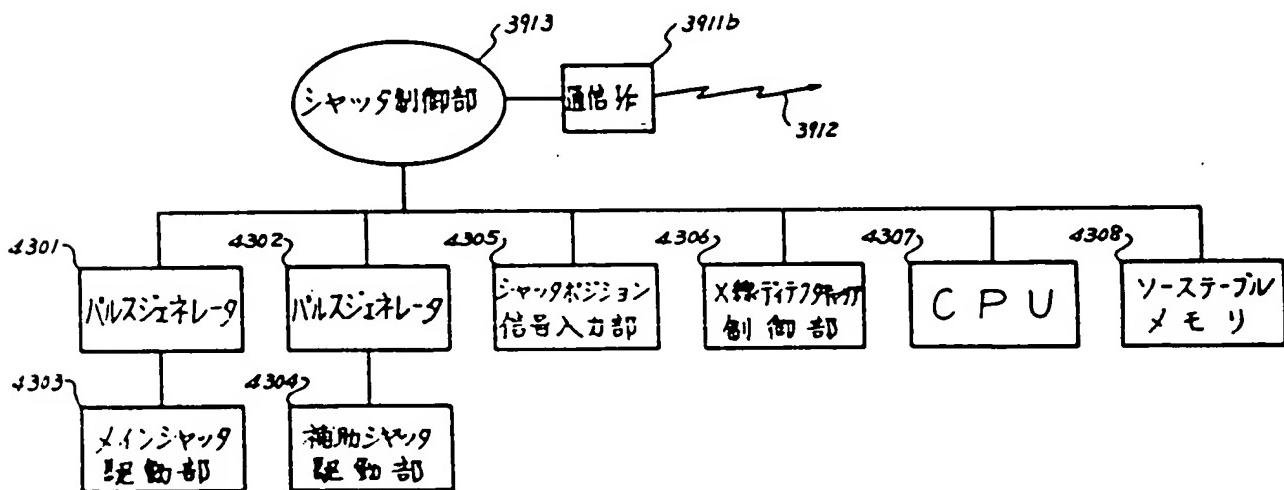
第41 図



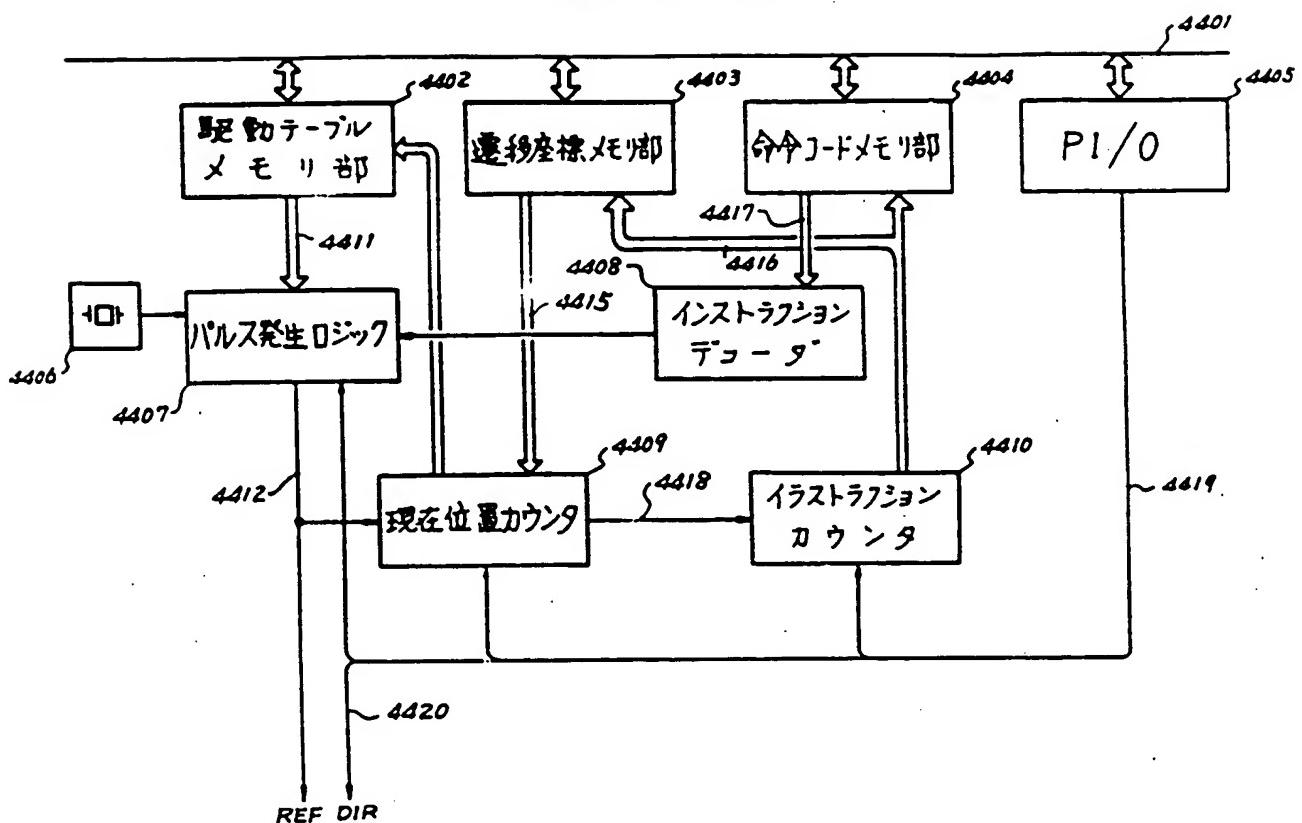
第42 図



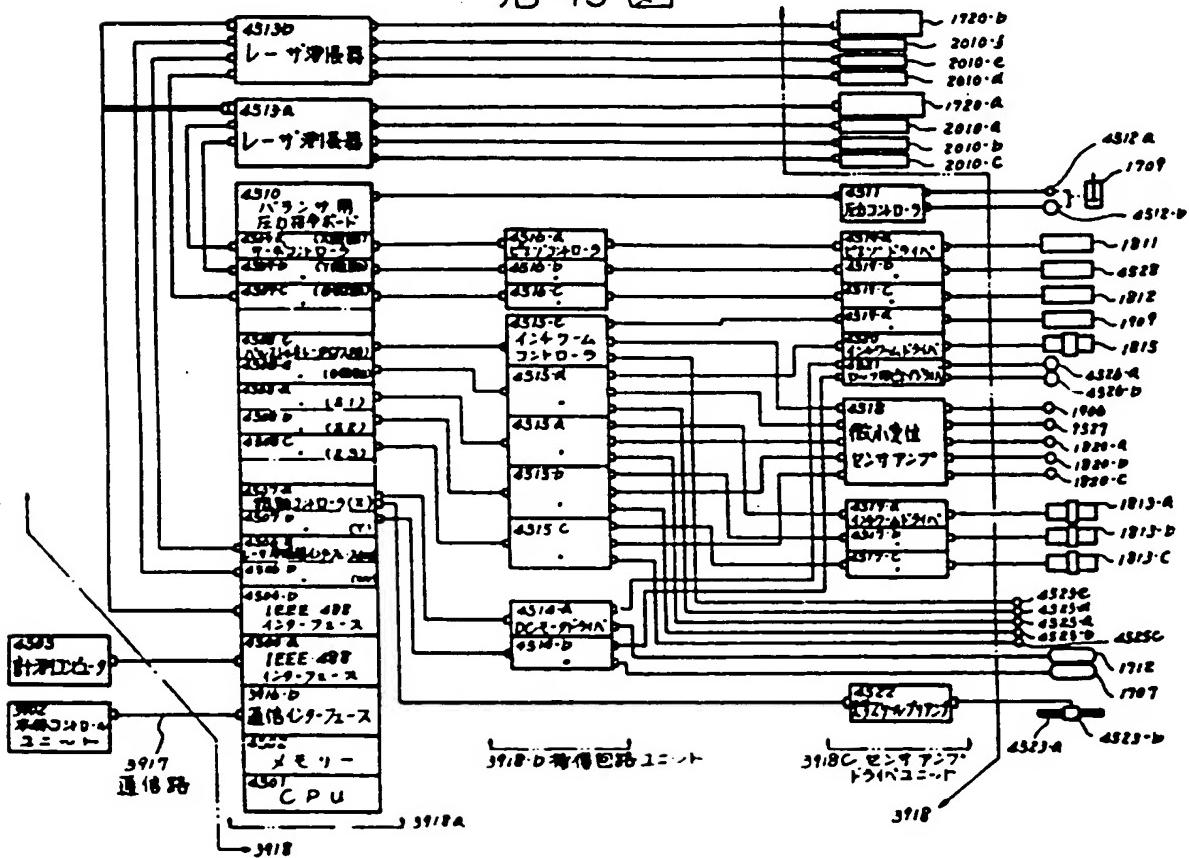
第43 図

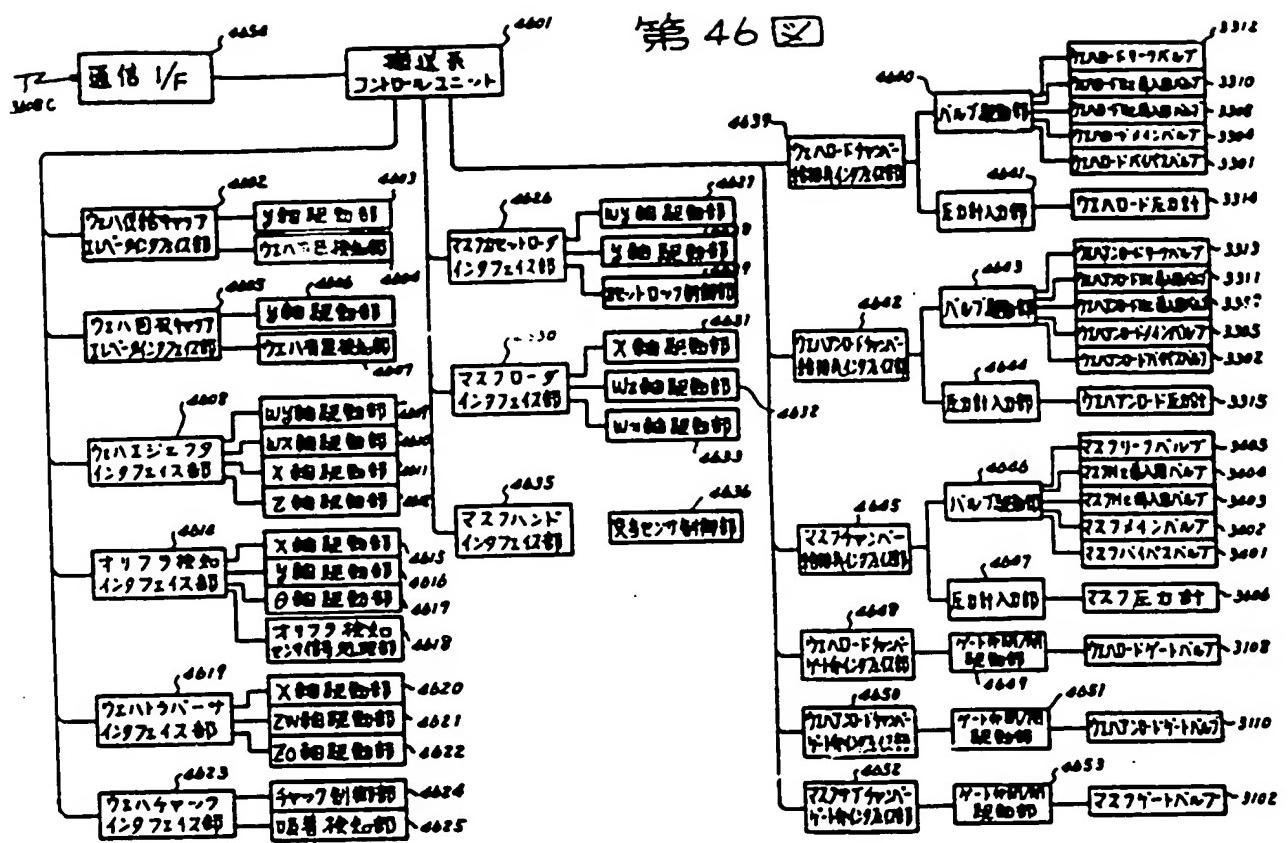


第 44 図

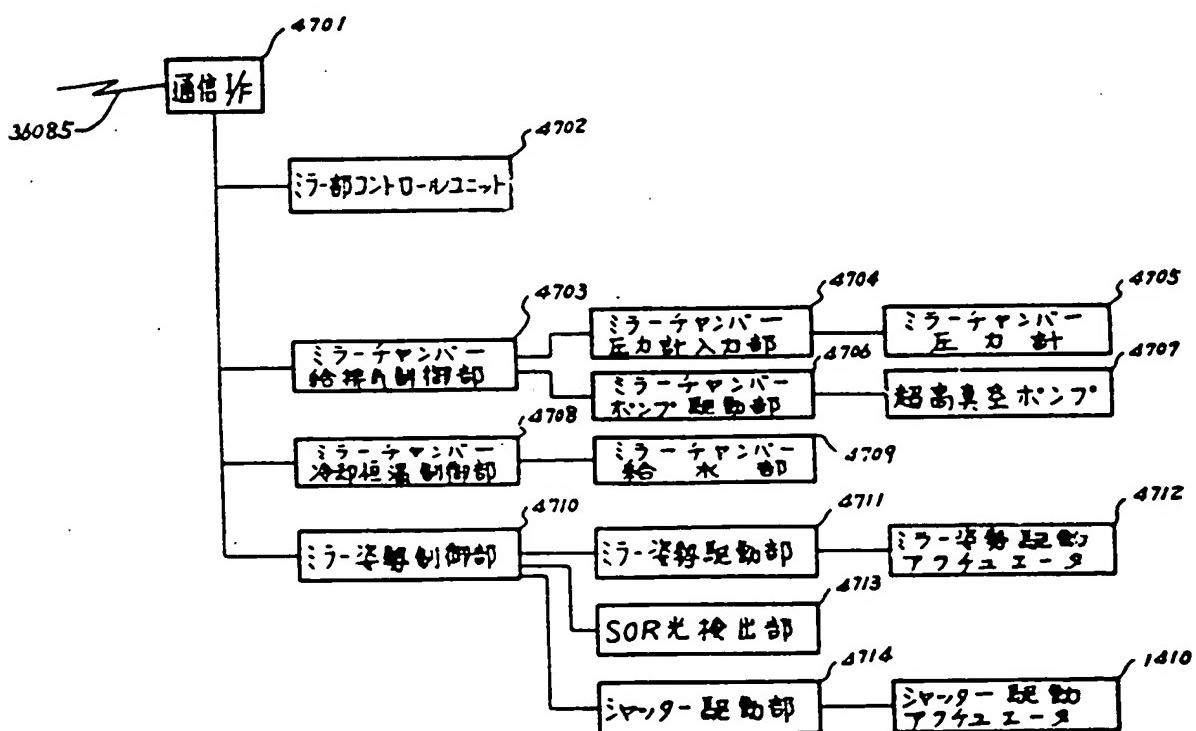


第 45 図

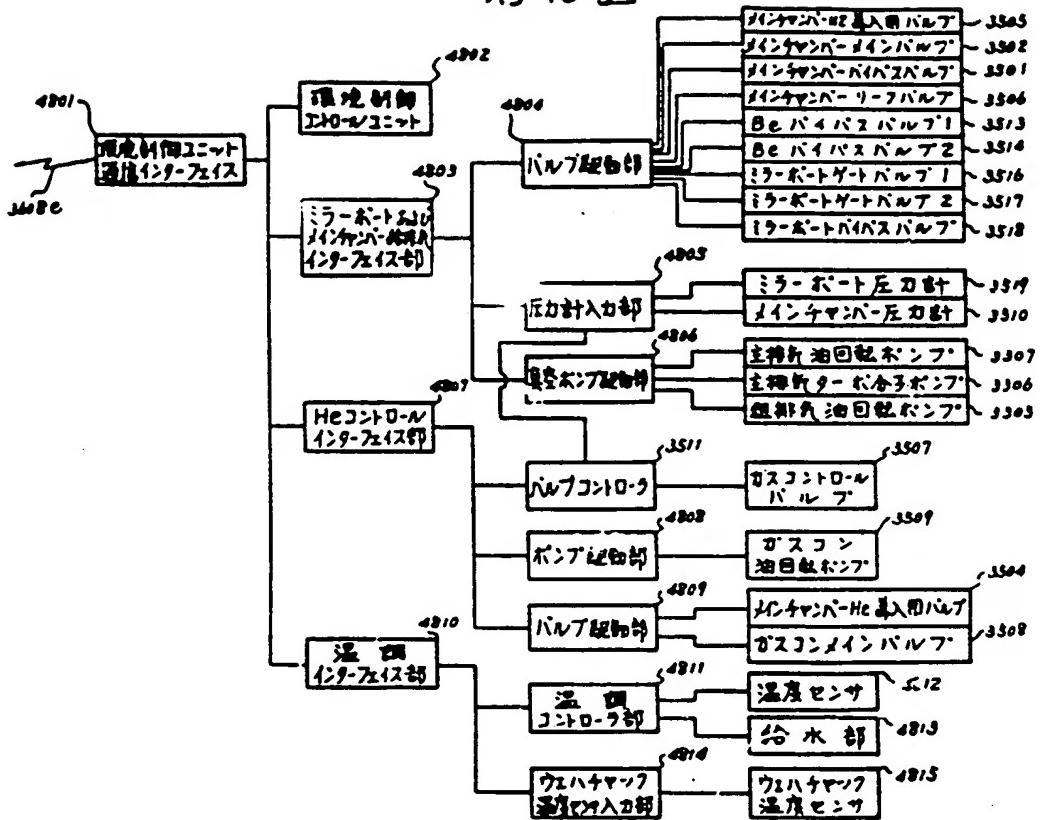




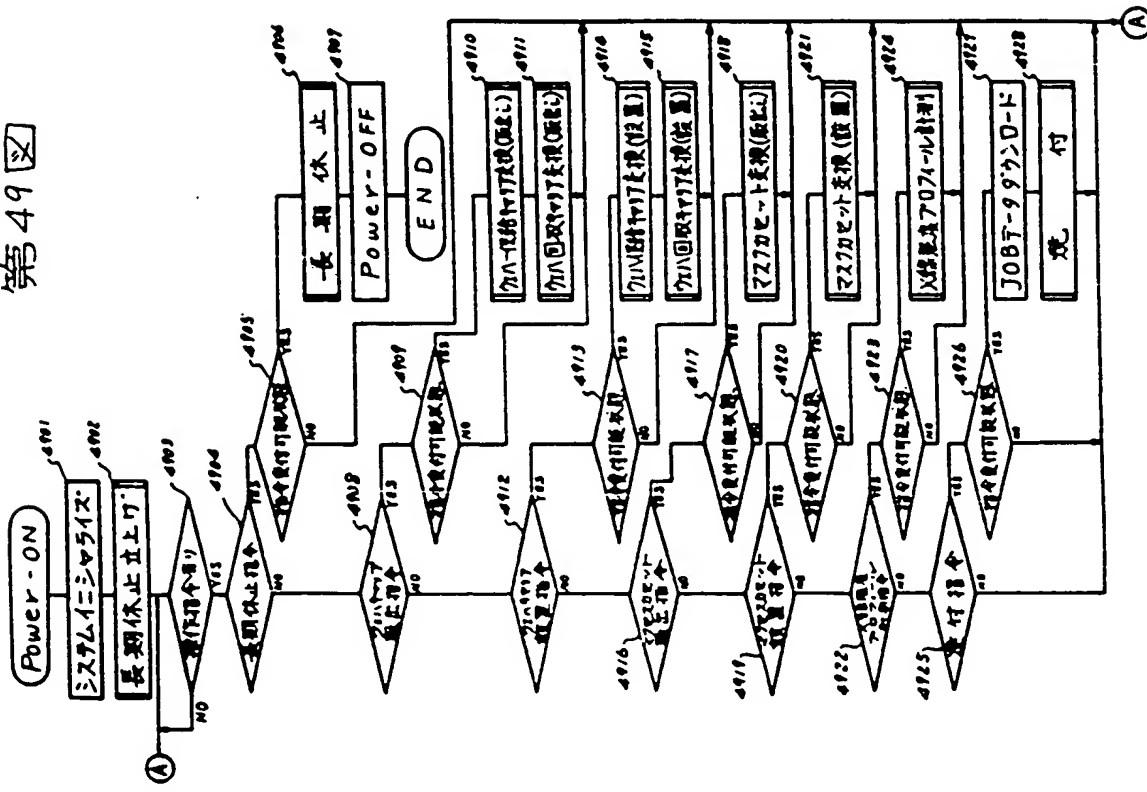
第 47 題



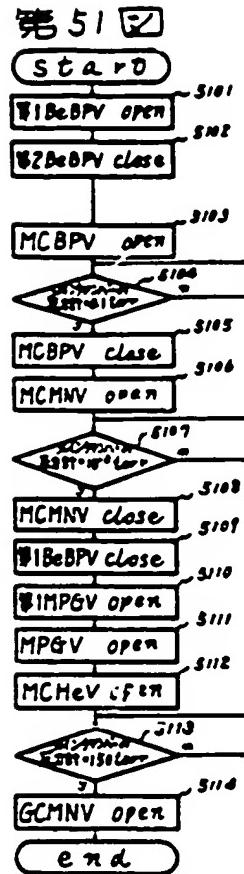
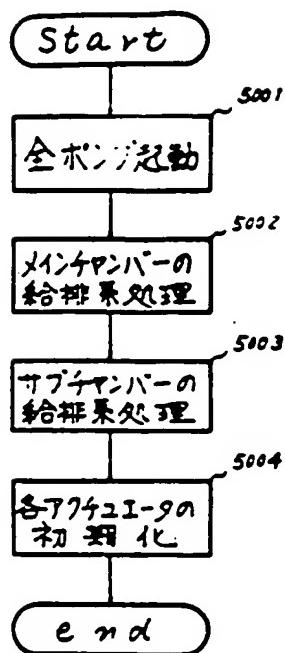
第48回



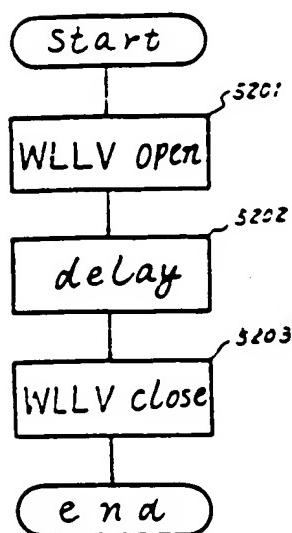
第549回



第 50 図



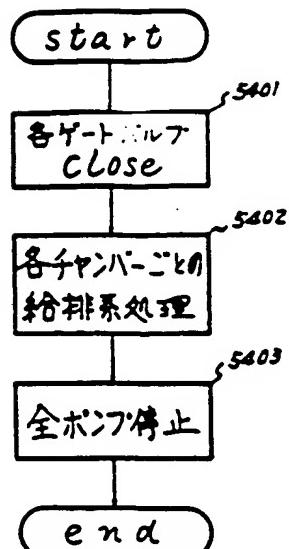
第 52 図



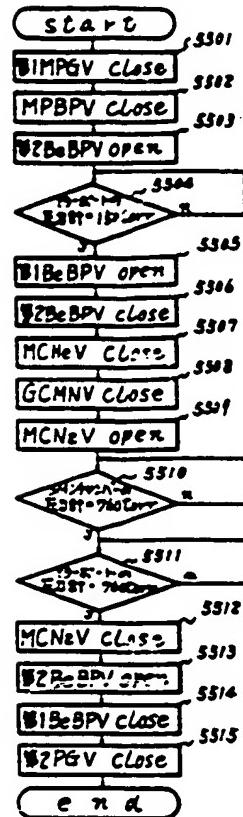
第 53 図



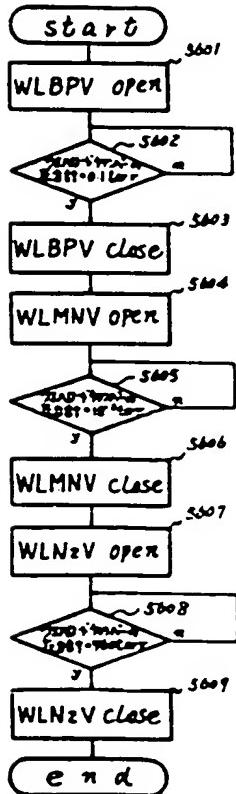
第 54



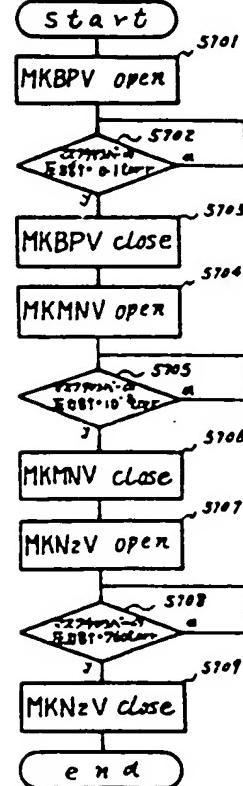
第 55



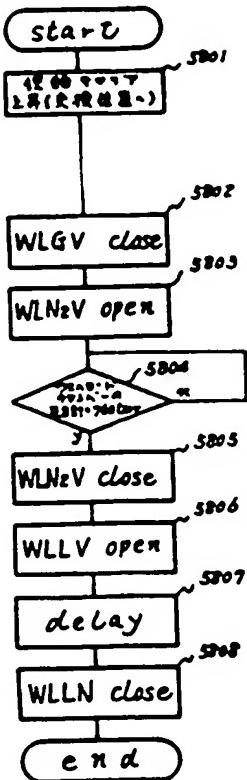
第 56



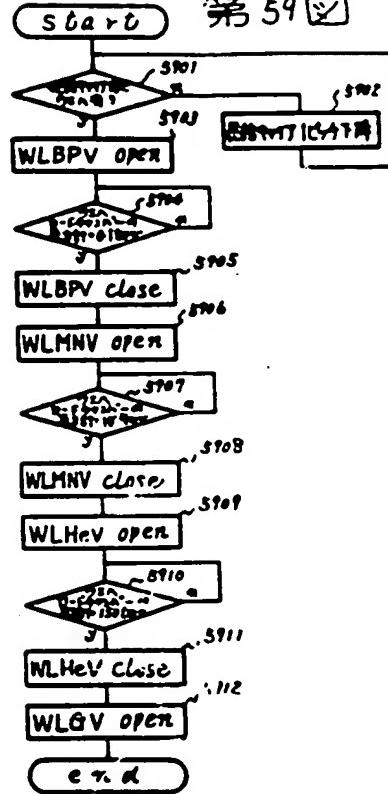
第 57



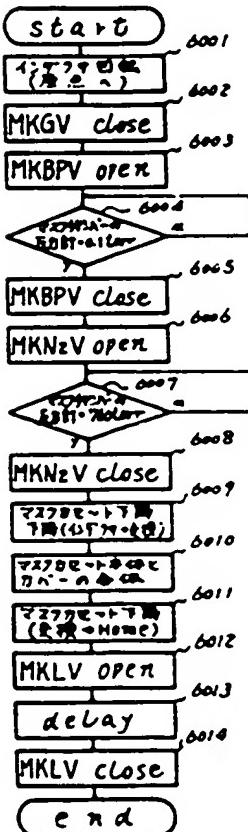
第 58 図



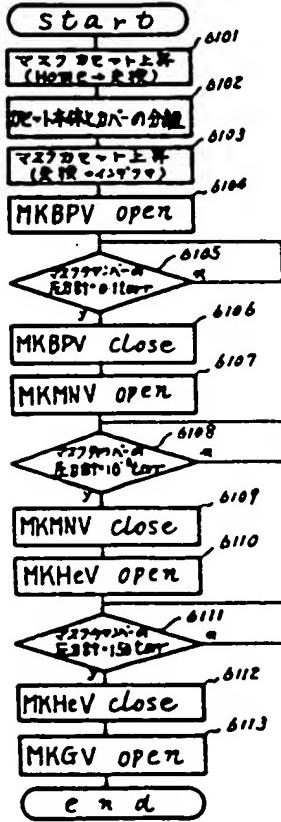
第 59 図



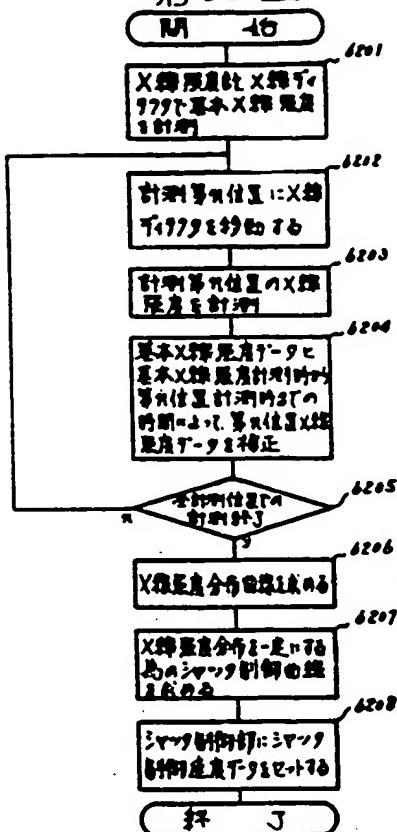
第 60 図



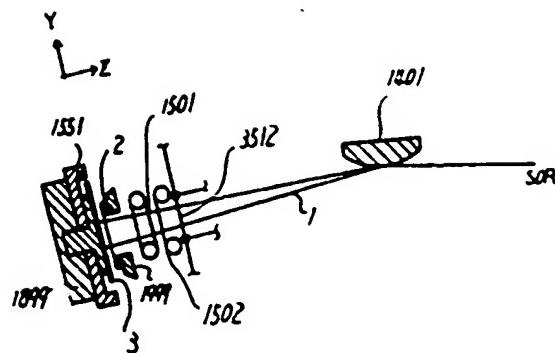
第 61 図



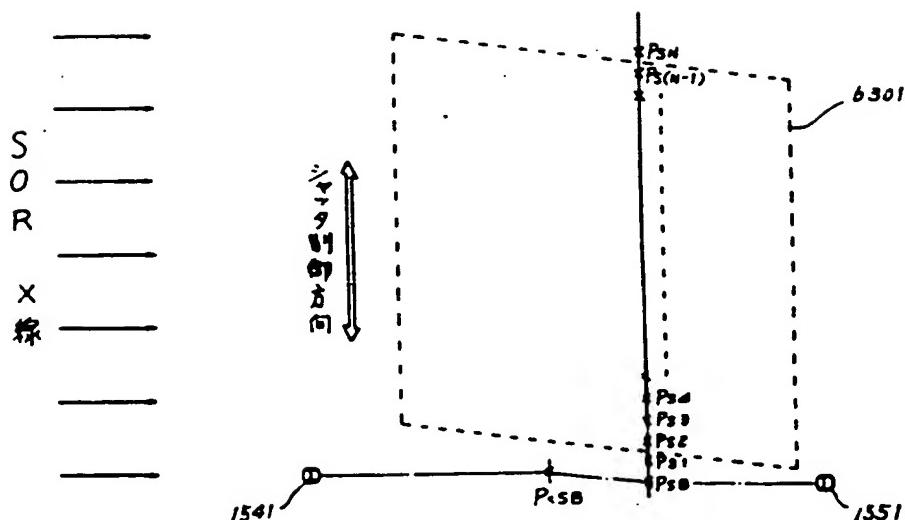
第62回



第67回

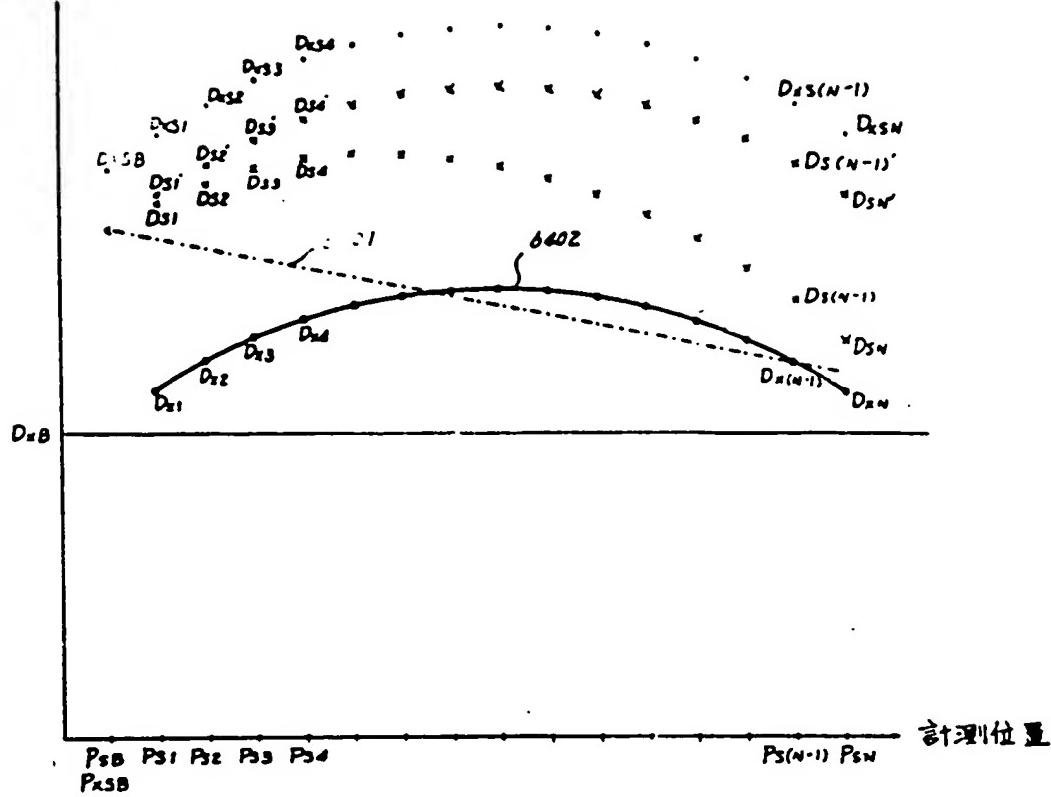


第63回

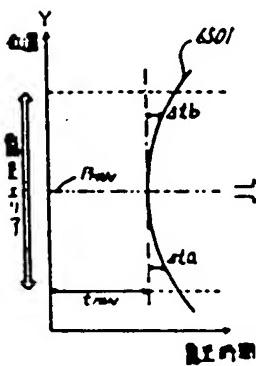


第 64 図

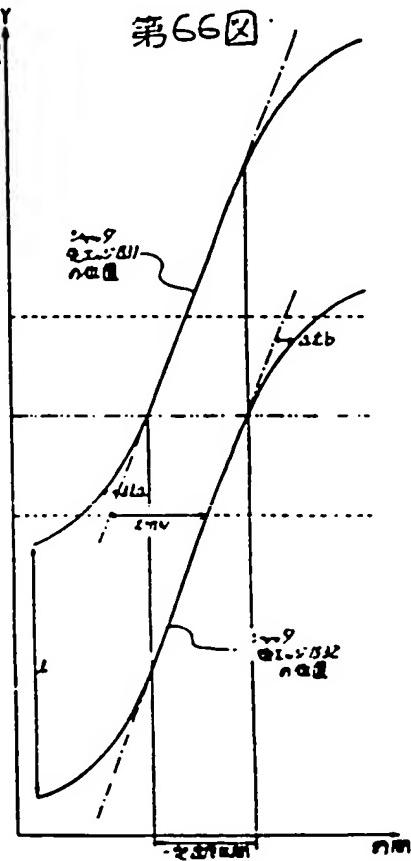
X線充満



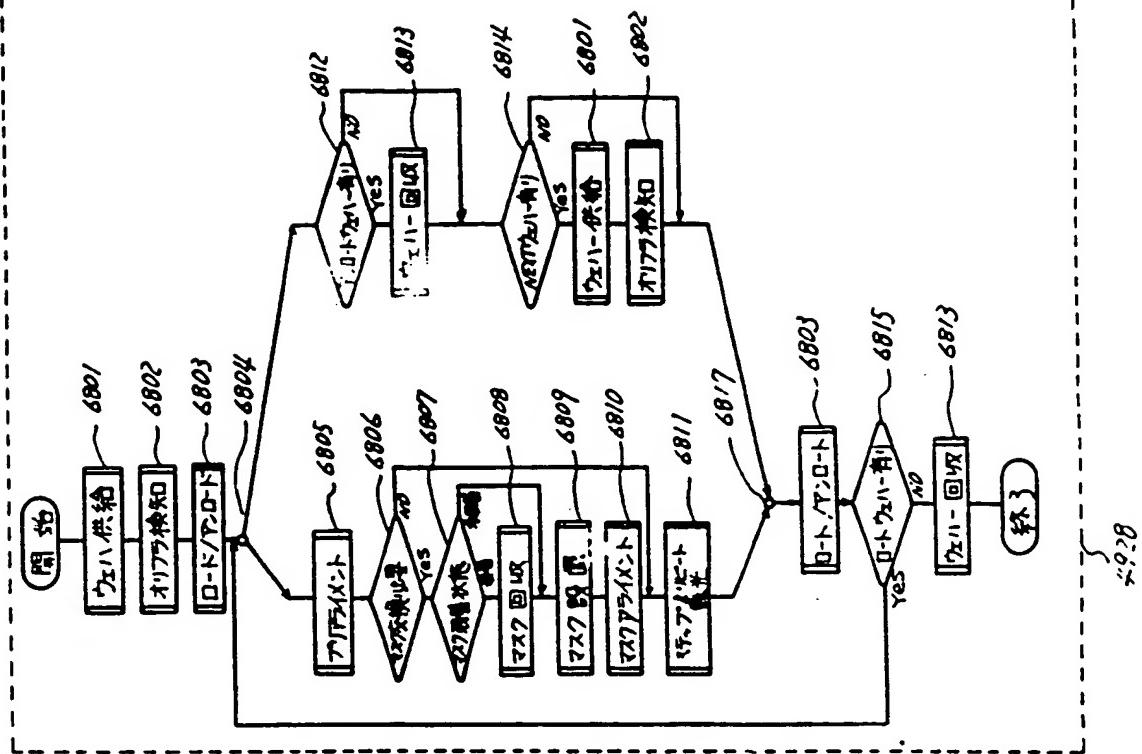
第 65 図



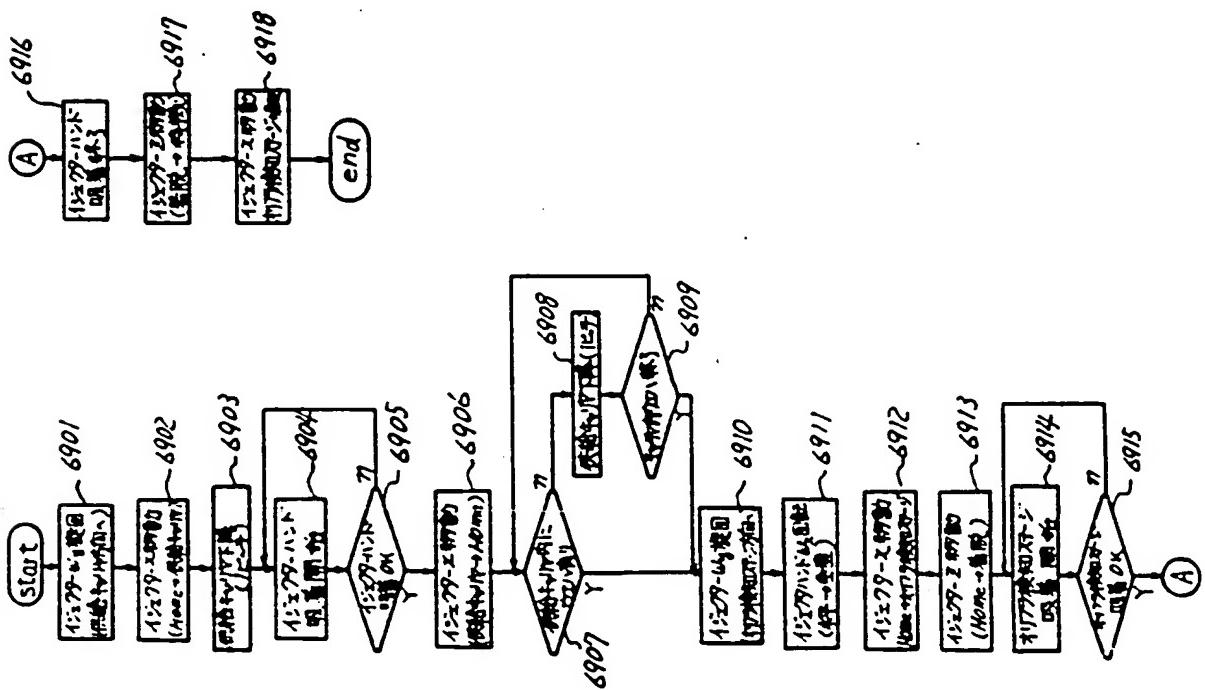
第 66 図



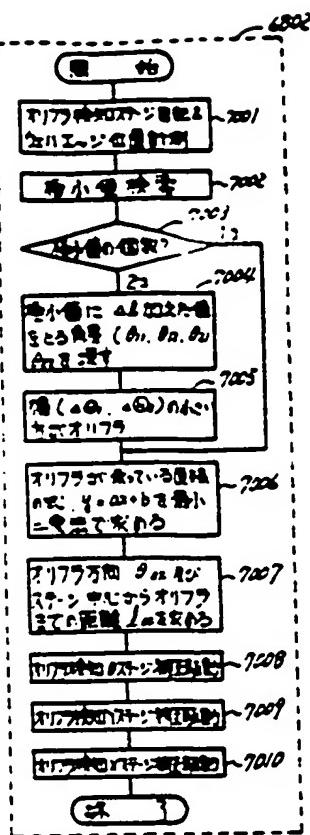
第 68 図



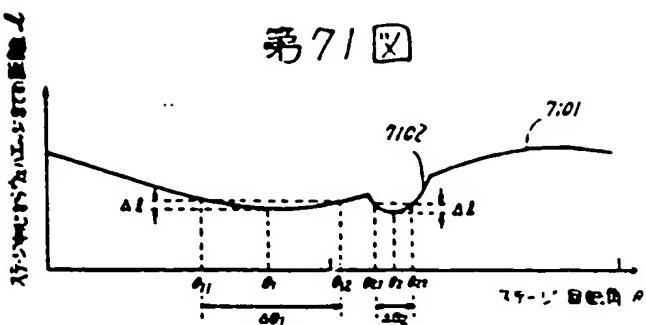
第 69 図



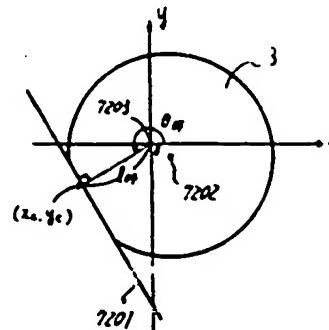
第70回



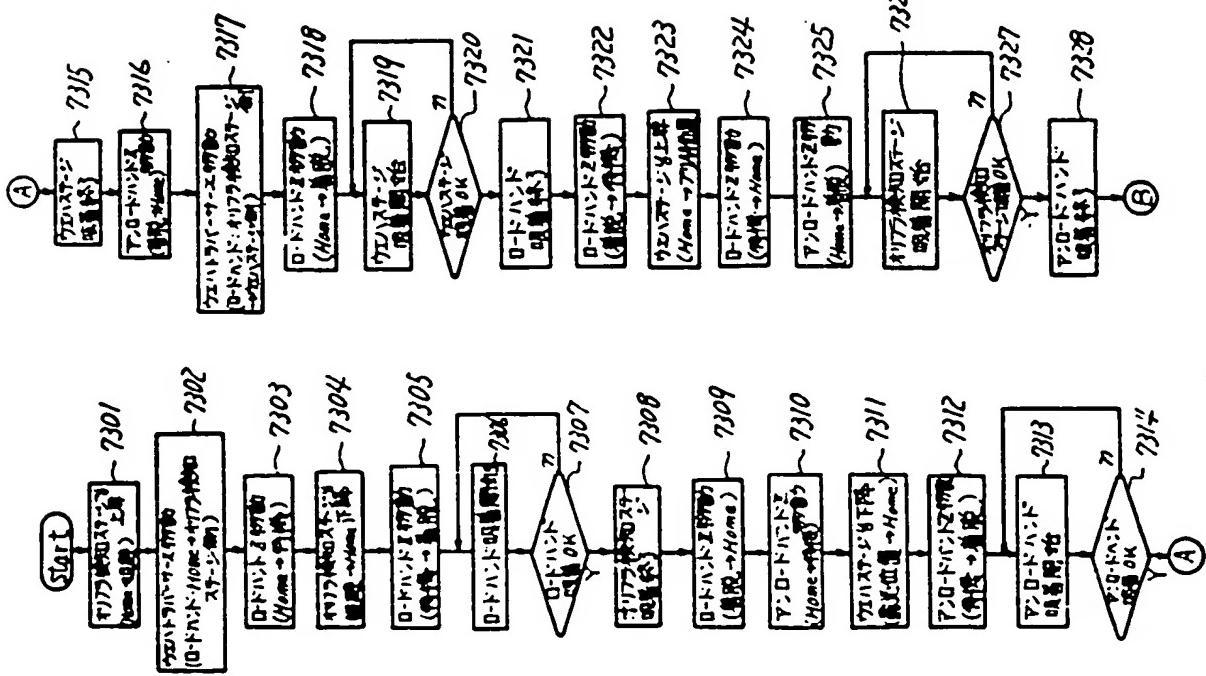
第71回



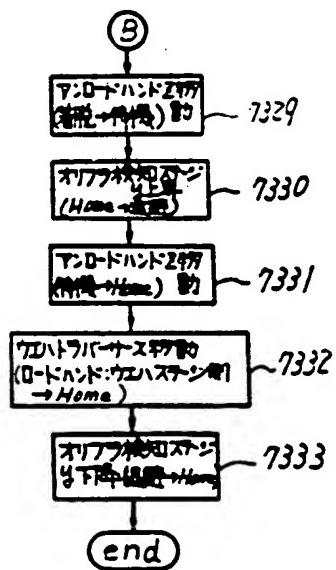
第72回



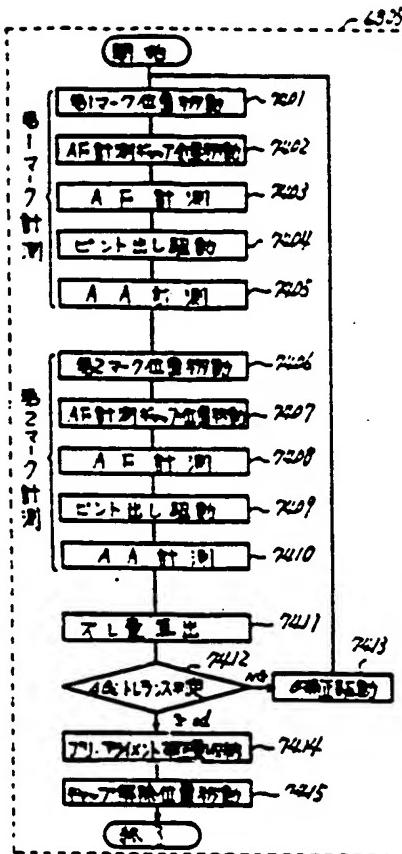
第73回(a)



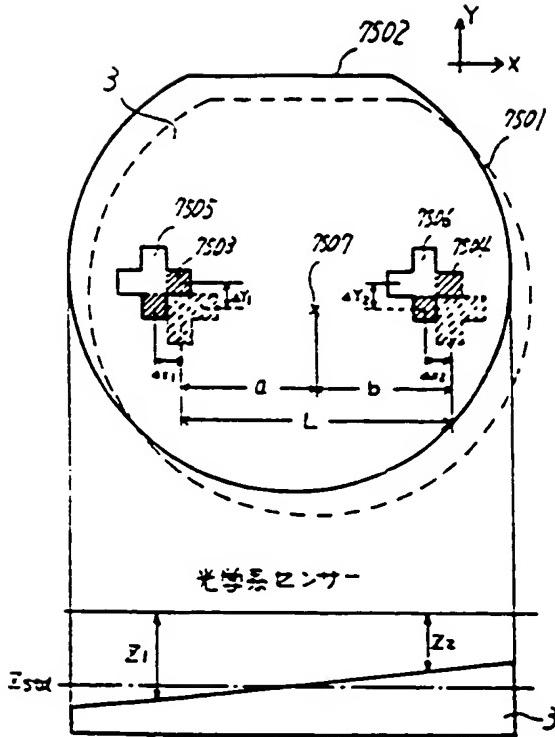
第73図(b)



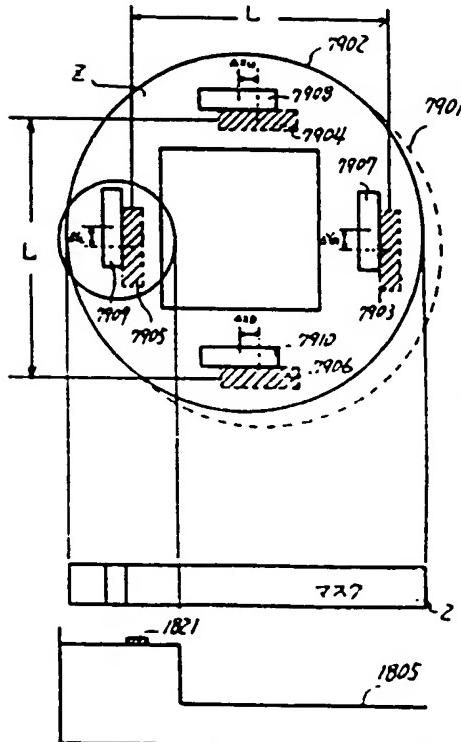
第74図



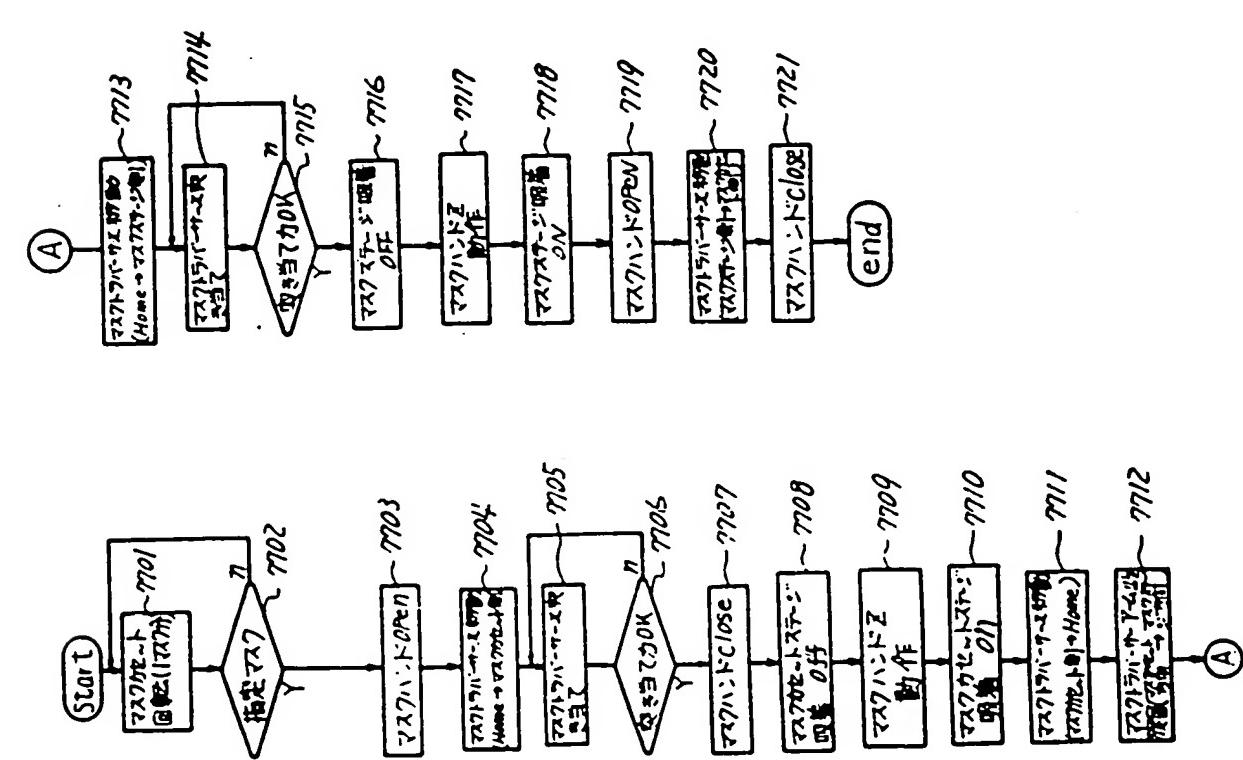
第75図



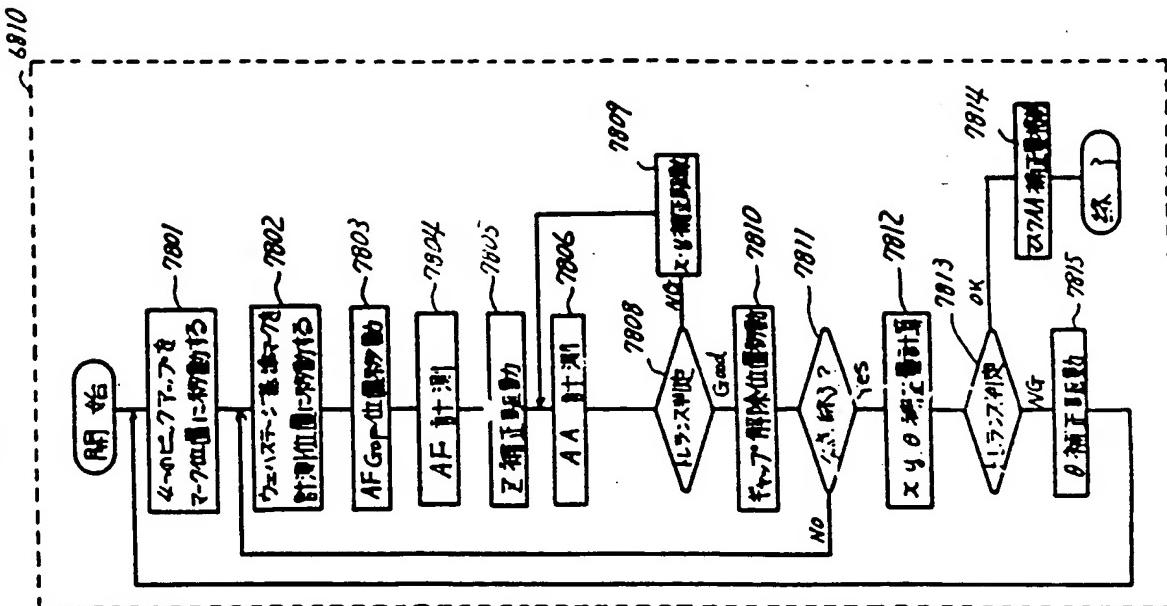
第79図



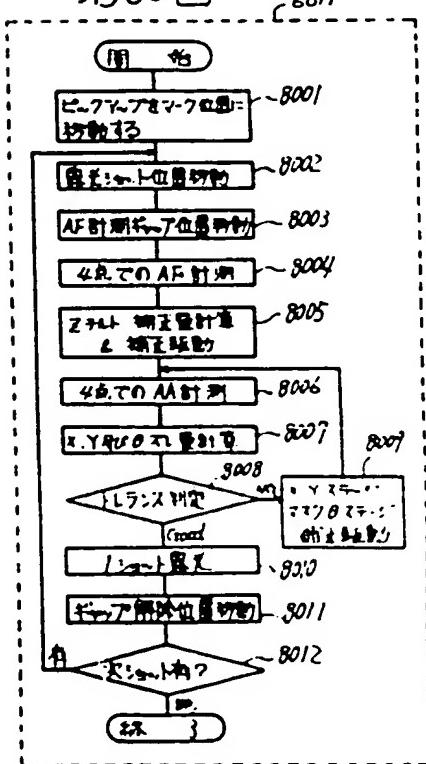
第 76 回



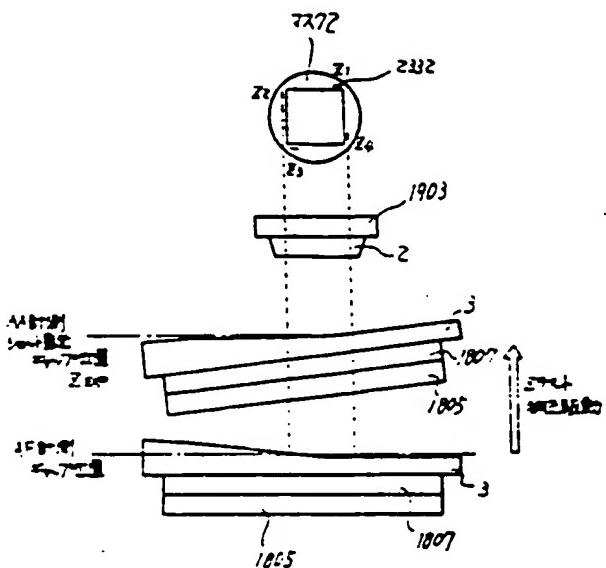
第78図



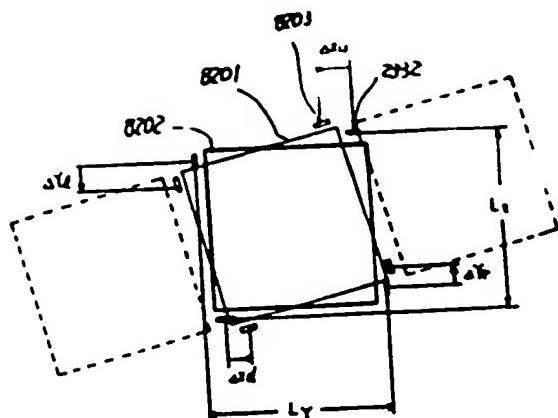
第80図



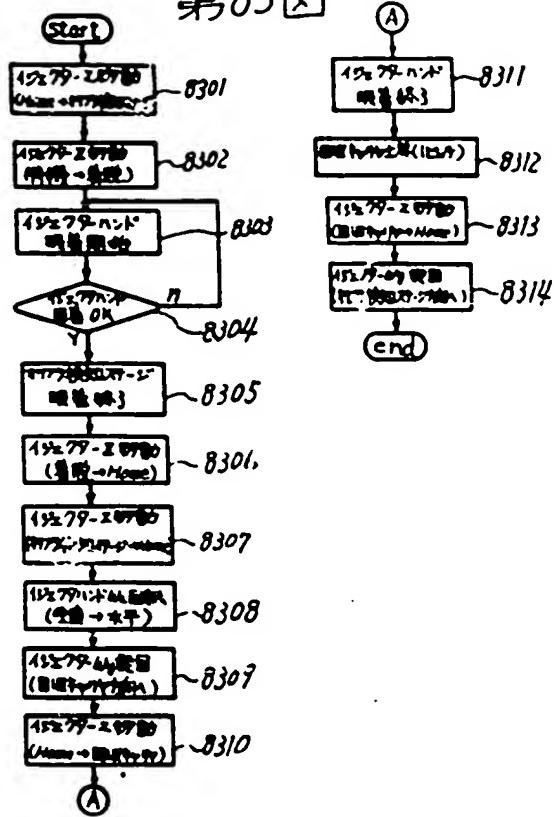
第81図



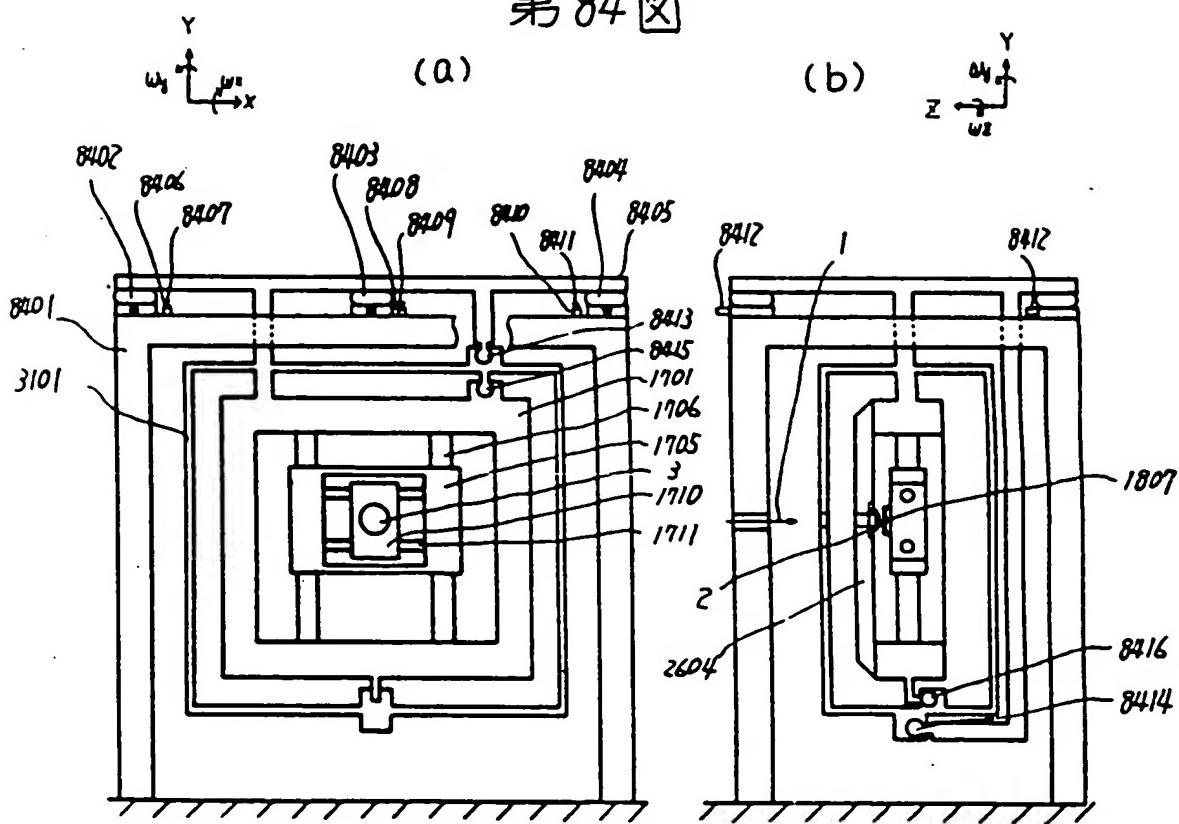
第82圖



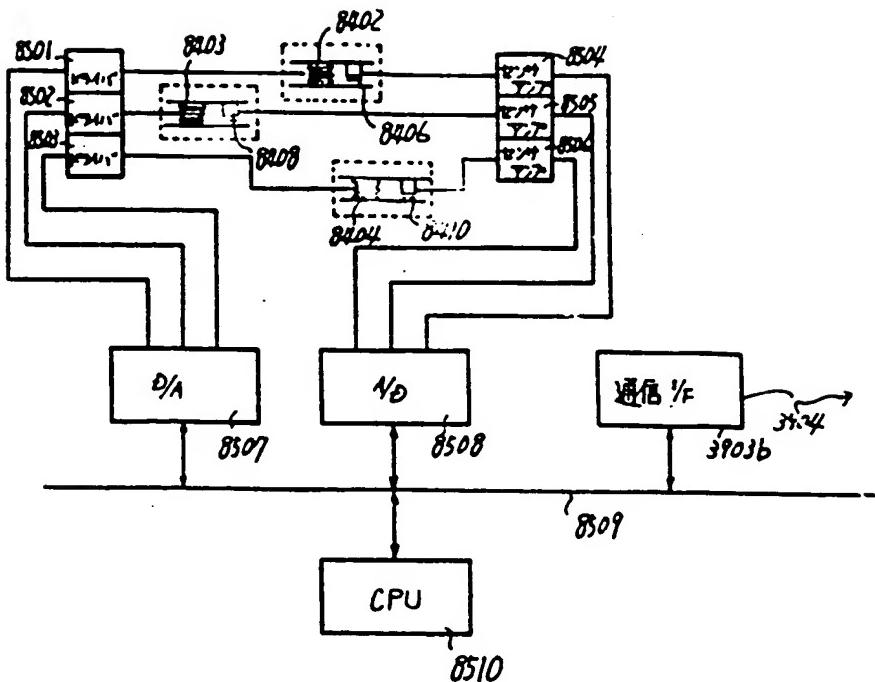
第83回



第84回



第85回



第1頁の続き

⑥Int.Cl.*	識別記号	序内整理番号
G 21 K 1/06 5/02	Z	8805-2G
H 05 H 13/04	X	8805-2G
	A	8805-2G

⑦発明者 坂本 英治 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
 ⑦発明者 阿部 直人 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
 ⑦発明者 斎藤 謙治 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内